

Rafael Guedes de Azevedo

**MELHORIA DO FORNEAMENTO DE BISCOITOS EM FORNO
À LENHA COM PROCESSO EM BATELADA.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas e Processos Industriais - Mestrado, Área de concentração em Controle e Otimização de Processos Industriais, Universidade de Santa Cruz do Sul - UNISC, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Sistemas e Processos Industriais.

Orientador: Prof. Dr. Geraldo Lopes Crossetti

Santa Cruz do Sul, março de 2007.

Rafael Guedes de Azevedo

**MELHORIA DO FORNEAMENTO DE BISCOITOS EM FORNO
À LENHA COM PROCESSO EM BATELADA.**

Esta dissertação foi submetida ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas e Processos Industriais - Mestrado, no dia 29 de março de 2007, com a seguinte comissão examinadora.

Prof. Dr. Geraldo Lopes Crossetti - UNISC
Professor Orientador

Prof. Dr. Djalma Dias da Silveira - UFSM

Prof. Dra. Liane Mählmann Kipper - UNISC

AGRADECIMENTOS

A minha família pelo incentivo, apoio e compreensão por todos os momentos em que estive ausente.

A Deus, pelas oportunidades e perseverança.

Ao professor Dr. Geraldo Lopes Crossetti pela orientação, incentivo e amizade.

Aos demais professores do Programa de Pós-Graduação em Sistemas e Processos Industriais pelos ensinamentos transmitidos, em especial à memória do professor Dr. Wilson Kniphoff da Cruz.

Aos colegas de Mestrado pela amizade e troca de conhecimento.

Aos meus colegas na empresa RC Indústria e Comércio de Alimentos Ltda. pela compreensão e ajuda.

A CAPES pela concessão de bolsa de estudos.

RESUMO

A satisfação do consumidor é uma meta a ser alcançada pelas empresas, onde a variação de padrão no produto é uma das principais causas de insatisfação e todas as condições que aumentam o custo tornam o produto menos competitivo. O presente trabalho teve como objetivo a otimização do forneamento de biscoitos em forno à lenha com processo em batelada. Nas primeiras produções os biscoitos apresentavam muita variação de cor e os índices de perdas estavam em torno de 7,2%. As principais não conformidades foram avaliadas com o uso do diagrama de Pareto e foi identificado como mais relevante o problema de forneamento. As causas principais das não conformidades foram identificadas, avaliadas e tratadas através do método “QC Story”. Várias medidas corretivas foram implementadas com sucesso, entre elas a padronização do processo de forneamento, com enfoque na carga e no momento de abastecimento do combustível e a definição da temperatura de início de forneamento. Outras medidas foram implementadas visando a uma melhor distribuição de calor dentro do forno, que incluiu o arranjo das bandejas no carro, eliminação de biscoitos mais grossos antes do assamento, a distribuição dos biscoitos nas bandejas e a alteração das dimensões das bandejas. Com o processo padronizado houve uma redução do nível de perdas para valores entre 0,4 a 0,7% e uma melhor uniformização da cor dos biscoitos assados. Também foram coletados dados para a confecção da curva de forneamento real que apresenta-se diferente da curva de forneamento para processos contínuos obtida por meio de dados apresentados na literatura. De posse da curva de forneamento, é possível prever o tempo necessário para o forneamento em função da temperatura do forno.

Palavras chave: Biscoito, forneamento, qualidade, análise de problemas.

ABSTRACT

The consumer's satisfaction is a goal to the companies, where the standard defecting in the product is one of the main causes of discontentment and all the conditions that increase costs become the product less competitive. The objective of the present work was the optimization of the biscuit baking in a batch process with firewood oven. At the first productions the biscuits presented too much color variation and the level of losses were around 7.2%. The meaningful problems were evaluated through a Pareto diagram and baking was identified as the main problem. The main causes were identified, evaluated and treated through QC Story method. Some corrective propositions were implemented successfully, as the standardization of the baking process, with approach in the load and the moment of supplying the fuel and the definition of the temperature to begin the bake. Other propositions were implemented to aim better distribution of heat in the oven, including the arrangement of the trays in the car, eliminate dough pieces thicker before baking, arrange dough pieces on trays and the alteration of the trays dimensions. With the standardized process the losses were reduced until values between 0.4 and 0.7% and a better baked biscuits color. Data were collected to build the real baking curve for the project, and they are different from the baking curve for continuous processes reported in literature. With the real baking curve, it is possible to foresee the necessary baking time in function of the oven temperature.

Key words: Biscuit, baking, quality, improvement effort.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Expansão do ar seco e do saturado com vapor de água, em função da temperatura.....	26
Figura 2: O que ocorre com a peça de massa durante o período em que está no forno.....	29
Figura 3: Forno contínuo.....	30
Figura 4: Detalhe de um dos sistemas de aquecimento para forno contínuo.....	31
Figura 5: Curva de forneamento para processos contínuos segundo Granotec....	32
Figura 6: Curva de forneamento para processos contínuos segundo Smith.....	33
Figura 7: Itens de verificação e de controle de um processo.....	37
Figura 8: Fases do Método de Solução de Problemas - <i>QC Story</i>	39
Figura 9: Exemplo de detalhamento do PDCA de melhorias.....	40
Figura 10: Gráfico de Pareto para tipos de defeitos de lentes.....	42
Figura 11: Estrutura do diagrama de causa e efeito.....	43
Figura 12: Forno estático de bandejas para assamento de biscoito, com aquecimento à lenha.....	46
Figura 13: Fluxograma do processo de produção de biscoitos.....	47
Figura 14: Amostra de biscoito assado com bordas queimadas.....	55
Figura 15: Gráfico de Pareto para as não conformidades no mês de março de 2005.....	57
Figura 16: Diagrama de causa e efeito para as causas da variação de cor do produto acabado.....	59
Figura 17: Biscoito do 1º corte mais grosso do que os demais cortes.....	60
Figura 18: Distribuição dos biscoitos na bandeja após corte.....	62
Figura 19: Bandeja apresentando biscoitos com diferentes cores e com bordas queimadas.....	63
Figura 20: Posição das bandejas no carro com 16 andares.....	64
Figura 21: Afastamento entre bandejas da parte da frente e as do fundo do car-	

ro.....	65
Figura 22: Carro modificado com 13 andares.....	65
Figura 23: Bandejas com altura original de 3 cm e modificada para 1,5 cm.....	66
Figura 24: Gráfico de perdas durante o período do projeto.....	69
Figura 25: Bandeja com biscoitos com uniformidade de cor.....	71
Figura 26: Curva de forneamento completa para o processo em estudo. Onde:	
a. corresponde ao momento do fechamento da porta após abastecido o forno;	
b. temperatura determinada para início do processo.....	72
Figura 27: Gráfico comparativo das temperaturas do forno para o processo em estudo e para processo contínuo. Onde:	
a. desenvolvimento da estrutura;	
b. redução da umidade;	
c. mudanças de coloração.....	74

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classificação dos biscoitos conforme teores médios de ingredientes funcionais.....	15
Tabela 2: Receitas básicas de alguns tipos de biscoitos.....	18
Tabela 3: Análises típicas de lenha seca de diversas madeiras.....	22
Tabela 4: Poder Calorífico Inferior (PCI) e Poder Calorífico Superior (PCS) de diversos combustíveis.....	23
Tabela 5: Valores de temperatura e tempo de forneamento para biscoitos produzidos por corte de arame.....	31
Tabela 6: Estratificação das não conformidades.....	56

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
--------------------	----

1.1	Objetivo geral	12
1.2	Objetivos específicos	12
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
2.1	Caracterização do produto	13
2.2	Função dos ingredientes e formulações típicas	16
2.3	Forneamento	19
2.3.1	Forno	19
2.3.2	Transferência de calor	20
2.3.3	Combustíveis	21
2.3.4	Modificações no biscoito que ocorrem durante o forneamento	24
2.3.4.1	Desenvolvimento da estrutura	24
2.3.4.2	Redução da umidade	27
2.3.4.3	Mudanças de coloração	28
2.3.5	Curva de forneamento	30
2.4	Processo em batelada versus processo contínuo	34
2.5	Análise e solução de problemas	35
2.5.1	Conceitos básicos	35
2.5.2	Método de solução de problemas	38
2.5.3	Ferramentas da qualidade	41
2.5.3.1	Gráfico de Pareto	41
2.5.3.2	Diagrama de causa e efeito	43
2.5.4	<i>Brainstorming</i>	43
3	METODOLOGIA	45

3.1 Materiais e Equipamentos	45
3.2 Produção de biscoito	47
3.3 Desenvolvimento do procedimento de forneamento	49
3.4 Perdas	50
3.5 Análise de problemas	50
3.6 Curva de forneamento	52
4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	54
4.1 Análise de problemas	54
4.1.1 Identificação do problema	55
4.1.2 Análise das causas e planos de ação	57
4.1.3 Evolução do nível de perdas	69
4.2 Curva de forneamento	72
5 CONCLUSÃO	76
6 SUGESTÕES	78
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79
ANEXO A - Termopar	82
ANEXO B - Damper	83
ANEXO C - Carro de bandejas	84
ANEXO D - Carro no forno	85
ANEXO E - Forno contínuo com biscoitos	86

1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho foi executado na empresa RC Indústria e Comércio de Alimentos de Santa Cruz do Sul, RS, produtora de biscoitos doces do tipo “colonial”.

Os biscoitos são fabricados por um processo em batelada sendo formados por extrusão e corte por arame e assados em forno estático com aquecimento à lenha.

O controle da temperatura em fornos aquecidos por lenha é mais difícil do que naqueles que utilizam outros combustíveis, como Gás Liquefeito de Petróleo (GLP ou gás de cozinha), óleo diesel ou eletricidade. Nestes, há uma condição de controle mais eficiente por ser possível uma modulação da energia empregada ou pelo processo de liga-desliga, o que não é conseguido com lenha.

Apesar das dificuldades em controlar os parâmetros de forneamento, a lenha é muito utilizada por uma questão econômica, pois a mesma tem um custo muito inferior aos demais combustíveis, além de ser proveniente de uma fonte energética renovável. As dificuldades encontradas para o controle adequado das condições de assamento estavam relacionadas à manutenção do padrão de qualidade entre as diversas fornadas, pois não haviam condições de forneamento estabelecidas para a produção de biscoitos no forno em estudo.

A determinação do ponto final do forneamento é feita visualmente pelo operador. Este controle pode propiciar perdas de produto por excesso ou falta de assamento. O produto pode estar com uma coloração adequada, porém, pode não estar completamente cozido, por outro lado, ele pode estar cozido, mas não tenha produzido a coloração ideal, neste caso o operador irá fazer com que o produto fique um tempo maior no forno, reduzindo-se assim o percentual de água do mesmo, deixando-o mais duro e quebradiço.

Na visão do consumidor a designação biscoito colonial está ligada ao conceito de caseiro ou artesanal. Ele identifica estes produtos pela apresentação em embalagem transparente, que permite que o produto seja visto sem necessidade de abrir o pacote, e também pela aparência do produto, que pode ter um aspecto mais rude e irregular. Forma irregular do produto é aceita e até mesmo esperada, porém variação de coloração no mesmo não é bem vista pelo consumidor, pois acredita

que quando o produto está mais escuro tem sabor amargo e quando está muito claro tem sabor de massa crua ou de farinha.

O meio acadêmico brasileiro explora muito pouco a tecnologia de produção de biscoitos, apesar de haver um grande número de empresas produtoras e representar uma parcela importante da economia nacional.

Os fornos com aquecimento à lenha e processo em batelada são muito utilizados na produção de pães nas diversas padarias espalhadas pelo país.

1.1 Objetivo geral

Melhorar o processo de produção de biscoitos com a utilização de forno em batelada com aquecimento à lenha.

1.2 Objetivos específicos

- Identificar e avaliar as principais causas da variação de padrão de qualidade e do elevado nível de perdas de produto durante a produção;
- Implementar um plano para tratar as causas das variações de qualidade e de perdas elevadas na produção.
- Padronizar o processo de produção.
- Obter dados para a confecção da curva de forneamento para o processo em estudo.
- Avaliar a curva real obtida comparando com os dados teóricos indicados pela literatura.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A seguir são apresentados os temas relativos ao produto, função dos ingredientes, forneamento, uma comparação entre processo de produção em batelada e processo contínuo para produção de biscoitos e metodologia de solução de problemas.

2.1 Caracterização do produto

Existem diferentes definições para biscoito:

- é o produto seco e aerado, elaborado a partir de uma massa constituída basicamente por farinha de trigo, água, gordura e fermento biológico ou agentes químicos de crescimento, modelada em pequenas unidades e assada (GRANOTEC, 2000, p. 9).
- bolinho de farinha de trigo, ou aveia, ou maisena, ou queijo, etc., com açúcar ou sem ele, ovos, etc., bem cozido no forno, em geral com o feitio de pequenos quadrados, retângulos, discos, etc. (FERREIRA, 1986, p. 262).
- foi um termo usado para descrever um pão endurecido de dimensões reduzidas que, guardado durante muito tempo, se conservava sem se danificar (ORTEGA, 1987, p. 2).

O termo biscoito deriva do latim *bis coctus* ou do francês *bi-cuire*, que significam duas vezes cozido. Tem origem provável no oriente médio, sendo que o mais antigo biscoito conhecido é o Matzoh judeu. A história do biscoito se confunde com a história das navegações. Biscoitos, feitos basicamente com farinha, água e sal faziam parte da alimentação dos antigos marinheiros, principalmente quando os produtos perecíveis extinguíam-se na embarcação. A confecção destes biscoitos, chamados de bolachas, era a forma de garantir uma maior durabilidade às farinhas de trigo e para facilitar seu consumo.

Os primeiros biscoitos da era moderna na sua grande maioria eram doces. Quando os comerciantes europeus introduziram produtos de suas colônias como o chocolate, café e chá, o biscoito foi sendo aperfeiçoado. Com o passar do tempo, tiveram ervas, frutas e condimentos adicionados às suas receitas. Em seguida surgiram os biscoitos salgados fermentados, subproduto da panificação, que pelas

características palatais e pelo grande *shelf-life* (validade) são hoje os principais produtos de muitas indústrias.

Segundo Ortega (1987, p. 3), fabricar biscoitos constitui-se numa verdadeira arte, que com o passar dos anos vem sendo aperfeiçoada. Hoje, o biscoito já não é mais duas vezes cozido, isto porque, anteriormente o produto era assado, e após, deixado por várias horas em uma sala aquecida para “secar” (SMITH et al., 1972, p. ix).

As denominações biscoito, bolacha, *crackers*, *cookies*, *wafers*, etc. não são usadas universalmente com o mesmo sentido. Há muitas formas usuais de classificar os biscoitos. Para os engenheiros a classificação pode ser baseada no processo. Os tecnólogos provavelmente irão preferir basear a classificação nos teores de gordura e açúcar da formulação, pela forma como os produtos são fabricados ou pelas alterações que ocorrem durante a mistura, formação e assamento (ZDS, 2000).

São muitas as formas de classificar um biscoito. Uma classificação muito utilizada é a baseada na forma de modelagem e/ou corte (GRANOTEC, 2000, p. 37):

- laminados e estampados: a massa é laminada e o produto é cortado e estampado por cortadores rotativos ou por prensas, exemplos: Maria e Cream Cracker;
- rotativos ou moldados: a massa é prensada nas cavidades de um rolo moldador, com crivos impressos com o desenho desejado, exemplo: recheados;
- extrusados e cortados por arame: o biscoito é formado por extrusão através de uma trafilha (peça que dá o formato desejado produto). O processo pode ser contínuo e o corte feito por guilhotina, por fio ou arame, exemplos: rosquinhas, *cookies* e barras recheadas;
- depositados ou pingados: são produzidos a partir de uma massa quase líquida e depositados sobre a esteira do forno, em formas ou em bandejas, exemplos: champanha, suspiro e *wafer*.

Ainda, segundo Granotec (2000, p. 37), outra forma de se classificar os biscoitos é através de suas receitas indicando os teores médios de importantes ingredientes funcionais, conforme Tabela 1.

É importante ressaltar que quando se está falando de biscoitos, assim como de produtos de panificação, ao se expressar os percentuais dos ingredientes, os mesmos são considerados sobre a farinha e não sobre o total da formulação.

Tabela 1: Classificação dos biscoitos conforme teores médios de ingredientes funcionais.

Classe	Teor de Gordura (%)	Teor de Açúcar (%)
Pobre	menor do que 15	menor do que 3
Base	de 15 a 30	de 3 a 30
Semi-rica	de 30 a 40	de 30 a 40
Rica	maior do que 40	maior do que 40

Fonte: Granotec do Brasil, 2000, p. 37.

A produção de biscoitos feitos em casa ou em uma grande empresa envolve as mesmas etapas, variando-se as dimensões, medidas e a forma dos equipamentos, podendo ser assim dividida:

- medir os ingredientes;
- preparar a massa;
- modelar o biscoito;
- assar o biscoito;
- resfriar e manipular o produto;
- empacotar e armazenar.

Algumas etapas, chamadas de processos secundários (MANLEY, 1989, p. 357), podem ser acrescentadas conforme o produto a ser produzido:

- rechear - recheios a base de gordura, geléias, etc.;
- recobrir - glaceados, chocolates, coberturas, etc.

Segundo Blackpool and the Fylde College - BFC (1997), as etapas de pré-produção ou de produção de ingredientes realizadas na empresa também fazem parte do processo, como exemplo delas pode-se citar as produções de caramelo, açúcar invertido, preparo de corantes, extratos aromáticos, pré-misturas, recheios, etc.

2.2 Função dos ingredientes e formulações típicas

Na produção de biscoitos os mais diversos ingredientes podem ser utilizados. Porém, alguns ingredientes são mais usuais e são tratados a seguir com sua respectiva função:

A. farinha de trigo - é o principal componente de quase todas as formulações de biscoito. Tem função estrutural e sua qualidade é determinada pelo tipo de produto a ser produzido. A sua constituição é basicamente composta de amido e de uma proteína conhecida por glúten. O glúten é que dá a característica de força e elasticidade da farinha, determinando assim a utilização da farinha para cada tipo de produto em função de sua qualidade.

B. açúcar - o mais usual é o açúcar branco cristal, que pode ou não ser moído. Em alguns produtos utiliza-se o açúcar mascavo, demerara ou melado. Fornece doçura e sabor, além de ter efeito sobre a textura, cor, expansão e aparência geral.

C. gordura - pode ser de origem animal (manteiga, banha) ou vegetal, hidrogenado ou não. O mais usual é a utilização de gordura vegetal hidrogenada. A principal função é amaciante, agindo diretamente na textura, além de contribuir no sabor.

D. amidos - o mais utilizado é o de milho, porém também se utiliza o de trigo, farinha de arroz e fécula de mandioca. A função principal é "diluir" a proteína (glúten), atuando principalmente na estrutura do produto.

E. açúcar invertido - é uma solução de açúcar onde a sacarose foi convertida em glicose e frutose por ação de um ácido, uma base ou por enzimas, é utilizado para obtenção da coloração dourada nos produtos e para reter umidade.

F. emulsionantes - a principal função é a estabilização das emulsões óleo em água e água em óleo, modificando a cristalização da gordura, alterando a consistência da massa e lubrificando as massas pobres em gordura. Os mais utilizados são a lecitina de soja, mono e diglicerídeos de ácidos graxos, ésteres do propilenoglicol, estearoil lactatos e outros.

G. fermentos - são utilizados para o desenvolvimento da estrutura do produto:

- biológico - é o mesmo fermento utilizado na panificação, a levedura *Saccharomyces cerevisiae*, em produtos como *crackers* e Água e Sal.
- fermento químico - também chamados de agentes esponjantes, utilizados em quase todos os produtos doces como Maria, recheados, amanteigados, *cookies*, etc., e os mais utilizados são:
 - bicarbonato de amônio - se decompõe sob ação do calor durante o forneamento produzindo CO_2 , NH_3 e vapor de água.
 - bicarbonato de sódio - se decompõe sob ação do calor, porém sua decomposição não é total, necessitando de um agente ácido (acidulante) para completa decomposição.
 - acidulantes - os mais usuais são o fosfato monocálcico ($\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$), o pirofosfato ácido de sódio ($\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$) e o bitartarato de potássio (cremor de tártaro - $\text{C}_4\text{H}_5\text{O}_6\text{K}$).

H. outros:

- aromatizantes - são usados para o desenvolvimento do sabor do produto;
- corantes - tem a finalidade de auxiliar na cor dos produtos;
- ovos - são usados para sabor e também no desenvolvimento da estrutura;
- produtos lácteos - usados principalmente para sabor;
- cacau e chocolates;
- sal;
- enzimas - utilizados principalmente para correção da farinha;
- mel, amêndoas e outros.

Na tabela 2, são apresentadas receitas básicas de alguns biscoitos. É importante ressaltar que os ingredientes são calculados em função da quantidade de farinha e servem apenas como referência de cada tipo de produto, não sendo as formulações específicas de nenhuma empresa. Os produtos *Cracker* e *Maria* são laminados, o que difere entre um e outro é o teor de açúcar e o tipo de fermentação que no caso do *Cracker* é biológica. O *Amanteigado* pode ser produzido por moldagem ou por extrusão e corte e possui uma formulação muito rica em gordura e açúcar.

Tabela 2: Receitas básicas de alguns tipos de biscoitos.

Ingrediente	%farinha		
	Cream Cracker	Maria	Amanteigado
Farinha de Trigo	100,0	100,0	100,0
Açúcar	1,0 - 2,0	18 - 25	30 - 80
Gordura Vegetal Hidrogenada	15 - 20	15 - 20	15 - 50
Emulsificantes	0,5 - 0,8	0,5 - 0,8	0,5 - 1,5
Enzimas	q.s.p.	-	-
Sal	2,0 - 3,0	0,8 - 1,5	0,8 - 1,0
Fermento Biológico	0,5 - 1,0	-	-
Bicarbonato de sódio	-	0,2 - 0,4	0,3 - 0,8
Bicarbonato de amônio	-	0,8 - 1,5	1,0 - 2,0
Acidulante	-	0,2 - 0,4	0,3 - 0,8
Ovos	-	-	1,0 - 5,0
Água	30 - 40	15 - 20	15 - 20

Fonte: Tabela elaborada pelo autor com base em BFC (1997, recipes), Granotec (2000, p. 46, 48, 54), Vitti, Garcia & Oliveira (1988, p. 63, 65 e 72), ZDS (2000, recipes) e na experiência do autor.

2.3 Forneamento

Um dos mais importantes processos da produção dos biscoitos é o de assar o produto. Nesta etapa ocorrem as alterações que transformam a massa crua em biscoito. Este processo de assar o biscoito ocorre em um equipamento chamado forno, daí a designação forneamento para o processo de assar. Durante o processo de forneamento, que ocorre sob a ação do calor, as peças de massa sofrem algumas mudanças físicas, químicas e físico-químicas.

2.3.1 Forno

Segundo Vitti, Garcia & Oliveira (1988, p. 55) o forno consiste basicamente de uma câmara aquecida, onde o produto será assado. Os fornos podem possuir esteiras de metal que passam pelo interior da câmara de assamento ou conduzir as bandejas, sendo chamados de fornos contínuos. Existe também o processo em batelada, onde as bandejas com os biscoitos a serem assados são colocadas no forno e precisam ser retiradas pelo operador quando o produto estiver pronto.

Segundo Granotec (2000, p. 42), vários tipos de fornos são utilizados para a produção de biscoitos. Variam desde a fonte térmica (lenha, gás, óleos combustíveis, eletricidade e outros), até a forma de transmissão de calor (condução, convecção, radiação e outros). Com relação à forma de aquecimento os fornos podem ser classificados como:

- aquecimento indireto: a energia é produzida fora da câmara destinada ao assamento, os gases da combustão não tem contato com o produto. Utilizam-se óleos combustíveis, lenha e outros combustíveis sólidos;
- aquecimento direto: a produção de energia é feita diretamente no interior da câmara de assamento, que usa gás ou eletricidade como combustível;
- híbrido: é uma combinação dos dois anteriores.

2.3.2 Transferência de calor

Segundo o primeiro princípio da Termodinâmica (CASTELLAN, 1986, p. 97 e 117), “se um sistema é sujeito a qualquer transformação cíclica, o trabalho produzido nas vizinhanças é igual ao calor extraído das vizinhanças”, ou seja, o sistema não sofre variação líquida no ciclo, mas a condição das vizinhanças muda. Ele é a expressão mais geral da conservação de energia.

Segundo Krestóvnikov & Vigdoróvich (1980, p. 18), como todos os tipos de energia são formas de movimento da matéria. As alterações de forma do movimento são sempre um fenômeno que ocorre entre pelo menos dois corpos, um dos quais perde uma determinada quantidade de movimento desta qualidade (por exemplo calor), enquanto o outro recebe a quantidade correspondente de movimento de mesma qualidade ou outra (movimento mecânico, eletricidade, calor). Entretanto a quantidade e qualidade se correspondem mutuamente. Disto resulta a impossibilidade da criação de um mecanismo tal, que permita obter trabalho, sem gastar para isto quantidade correspondente de energia, em outras palavras, o motor perpétuo é impossível.

Todo o processo de assamento depende da transferência de calor de uma superfície aquecida para o produto a ser assado (SMITH et al., 1972, p. 266).

O que é transferência de calor? Uma definição básica, porém geral para transferência de calor é a energia térmica em trânsito devido a uma diferença de temperatura. Sempre que existir uma diferença de temperatura em um meio ou entre meios diferentes, ocorre, necessariamente, transferência de calor (INCROPERA & DEWITT, 2003, p. 1).

Existem várias formas de transferência de calor como microondas, infravermelho, alta frequência e outros, porém as principais são:

- condução: o termo é utilizado para indicar a transferência de calor que ocorre quando existe um gradiente de temperatura em um meio estacionário, que pode ser um sólido ou um fluido. No assamento dos biscoitos ocorre condução no contato entre superfícies a diferentes temperaturas, como no caso da

esteira/bandeja e a base do biscoito e também através de um mesmo corpo, como da superfície externa do biscoito para o seu interior;

- convecção: refere-se à transferência que ocorre entre uma superfície e um fluido em movimento quando estão a diferentes temperaturas. O ar em movimento no interior do forno recebe calor da superfície interna da câmara e transfere a esteira/bandeja e aos biscoitos;
- radiação: todas as superfícies a uma temperatura não nula emitem energia na forma de ondas eletromagnéticas. Assim, na ausência de um meio que se interponha entre as duas superfícies a diferentes temperaturas existe transferência de calor por radiação. A radiação atravessa o espaço com a velocidade da luz e não necessita de nenhum material para a sua transmissão. É mais facilmente percebida e importante em fornos com aquecimento direto.

2.3.3 Combustíveis

Combustível é todo e qualquer material utilizado para produção de energia, seja ela térmica ou luminosa. Os combustíveis podem ser gasosos, líquidos ou sólidos. Como exemplo de combustíveis gasosos tem o gás natural, o gás liquefeito de petróleo (GLP ou gás de cozinha) e o gás de xisto entre outros. Os combustíveis líquidos mais usuais são gasolina, álcool, querosene, óleo diesel e óleos pesados como óleos BPF (Baixo Ponto de Fusão). Os principais combustíveis sólidos são o carvão mineral, o carvão vegetal, a lenha, o bagaço de cana e a casca de arroz entre outros. Na indústria biscoiteira os combustíveis mais usuais são o GLP, o gás natural, óleo diesel e lenha.

Segundo Garcia (2002, p. 76), a lenha ainda desempenha um importante papel no balanço energético Brasileiro. Cada espécie de planta produz uma lenha com características próprias. A tabela 3 apresenta uma análise elementar e os poderes caloríficos de diferentes madeiras. É importante observar que autores diferentes atribuem valores diferentes para PCI e PCS.

“O poder calorífico de um combustível é definido como a quantidade de calor despreendida na sua queima completa, estequiometricamente.” (Garcia, 2002, p. 157). A quantidade de calor medida com a água gerada na queima na fase aquosa é

chamada Poder Calorífico Inferior e caso a água gerada na combustão seja considerada na fase líquida, chama-se Poder Calorífico Superior. Portanto a diferença entre os dois é a entalpia de vaporização da água formada pela queima do hidrogênio contido no combustível e da água já contida no combustível como umidade do mesmo.

Tabela 3: Análises típicas de lenha seca de diversas madeiras

ITEM	CEDRO	CIPRESTE	PINHO	CARVALHO	EUCALIPTO
<i>Análise elementar, %</i>					
C	48,80	54,98	52,55	49,49	49,70
H	6,37	6,54	6,08	6,62	42,30
O	44,46	38,08	41,25	43,74	5,80
Cinzas	0,37	0,40	0,12	0,15	0,80
<i>Poder Calorífico, Kcal/kg</i>					
Superior	4.667	5.484	4.944	4.828	*
Inferior	4.322	5.130	4.616	4.665	2.800-3.340

Fonte: Garcia (2002), páginas 77 e 78 e Martins (1997, p. 56).

* O valor de PCS pode ser estimado segundo Garcia (2002, p. 158).

Segundo Garcia (2002, p. 158), a relação matemática entre poder calorífico inferior e superior é:

$PCI = PCS - 2440 * (9H + u)$, onde:

PCI = poder calorífico inferior, kJ/kg em base seca;

PCS = poder calorífico superior, kJ/kg;

H = teor de hidrogênio do combustível, kg/kg em base seca;

u = teor de umidade do combustível, kg de água/kg de combustível seco.

O poder calorífico é determinado, em laboratório, através de uma bomba calorimétrica. O valor obtido é sempre o Poder Calorífico Superior. O Poder Calorífico Inferior é sempre obtido por cálculo pela expressão anterior. É importante salientar que normalmente se usa o PCI, porque, na maioria dos processos

industriais, os gases de combustão são liberados a temperaturas muito altas onde a água neles contida encontra-se na fase gasosa.

De acordo com Garcia (2002, p. 80), para fins de planejamento estratégico, é usual adotar como poder calorífico superior da lenha o valor de 3.300 kcal/kg. O poder calorífico da lenha varia de acordo com o percentual de umidade da mesma, isto é, quanto maior o percentual de umidade na lenha, menor será o seu poder calorífico.

A tabela 4 apresenta poderes caloríficos inferior e superior de diferentes materiais combustíveis.

Tabela 4: Poder Calorífico Inferior (PCI) e Poder Calorífico Superior (PCS) de diversos combustíveis.

Combustível	PCI (kcal/kg)	PCS (kcal/kg)
Eucalipto	2.800 - 3.340	-
Pinho	3.300	4.944
Cedro	3.990	4.667
Casca de Arroz	3.300	-
GLP- Gás Liquefeito de Petróleo	11.000	-
Fuel - Oil	9.600	-
Óleo BPF 1 ^a	9.650	10.200
Óleo BPF 4 ^a	9.450	10.000
Carvão Mineral Brasileiro	-	2.900 - 5.600

Fonte: Tabela elaborada pelo autor com base em Martins (1997, p. 56) e Garcia (2002, p. 47, 65 e 78). Os valores em kJ/kg foram transformados em kcal/kg.

2.3.4 Modificações no biscoito que ocorrem durante o forneamento

Segundo Manley (1989, p. 327), são produzidas três modificações importantes na peça de massa (biscoito cru) durante o forneamento:

- uma grande diminuição da densidade do produto associado ao desenvolvimento de uma textura aberta e porosa;
- redução do nível de umidade até 1 a 4%;
- mudanças na coloração da superfície.

Estas variações ocorrem seguindo a ordem anterior no decorrer do tempo em que a massa permanece assando.

Excetuando Manley (1989), os outros autores consultados (BFC (1997), Granotec (2000), Ortega (1987), Vitti, Garcia & Oliveira (1988) e ZDS (2000)) baseiam-se em Smith et al. (1972), que apesar de ter sido publicado há muito tempo continua sendo uma referência na área, porém a forma de apresentação é pouco didática e o tema é abordado muito superficialmente. Portanto cada uma das modificações que ocorrem durante o forneamento será detalhada a seguir, com base em Manley (1989, p. 328-332, passim).

2.3.4.1 Desenvolvimento da estrutura

O desenvolvimento da estrutura ocorre preferentemente nos primeiros 30% do tempo total de forneamento. As alterações são muito complexas, e os fenômenos internos que provavelmente ocorrem no produto são:

- a. aquecimento do amido e das proteínas até níveis em que tem lugar o inchamento, a geleificação e a desnaturação;
- b. liberação de gases dos compostos químicos esponjantes, que são adicionados à massa:
 - i. $\text{NH}_4\text{HCO}_3 \xrightarrow{\text{calor}} \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$
 - ii. $2 \text{NaHCO}_3 \xrightarrow{\text{calor}} \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{CO}_3$
 - iii. reação do bicarbonato de sódio com um ácido fraco (também adicionado à massa);

- a. expansão das bolhas dos gases, como resultado do aumento da temperatura, fazendo também aumentar a pressão de vapor de água dentro delas;
- b. ruptura e coalescência de alguma destas bolhas;
- c. perda de vapor de água da superfície do produto, seguida pela migração da umidade até a superfície e escape à atmosfera do forno;
- d. elevação da temperatura com aumento da concentração de açúcar dissolvido;
- e. redução da viscosidade da solução de açúcar e da gordura pelo aumento da temperatura.

Os fenômenos mais importantes que ocorrem nesta etapa de desenvolvimento da estrutura estão relacionados com a formação de bolhas de gás e sua expansão em um meio que a princípio é mais mole e flexível, tornando-se mais rijo e endurecido com o decorrer do tempo de forneamento.

Muitos pesquisadores têm demonstrado que o aumento de volume associado com o volume de gás liberado pelos agentes esponjantes não é suficiente para explicar a magnitude do crescimento das peças de massa no forno. Diz-se que a produção de vapor contribui para esta ação, pois a água sofre um espetacular aumento de volume ao passar ao estado de vapor. Ainda que o aumento do volume seja devido ao vapor de água, o termo vapor é enganoso, pois pressupõe vapor de água acima de 100°C. A consideração da pressão física do vapor nos dá a resposta. A Figura 1 mostra o aumento do volume do ar (ou de outros gases, como o dióxido de carbono) quando está seco e quando está saturado de água. Como a estrutura do biscoito se estabelece muito antes da peça de massa atingir a temperatura de 100°C, fica claro assim como o vapor de água contribui para o crescimento.

Ao elevar a temperatura, se produz uma condição física muito instável na massa, porque há um delicado equilíbrio entre: (a) a expansão que pode aceitar, antes da ruptura, um complexo fraco de amido/proteína/água/açúcar, (b) a coalescência das bolhas e (c) o aumento da rigidez. Com a inevitável perda de vapor de água na superfície da peça de massa, se formará ali primeiro uma casca não flexível. Portanto, as bolhas tenderão a ser maiores no centro da peça de massa e menores próximo à casca.

Para a formação de uma estrutura mais uniforme deve-se atrasar a formação da casca e produzir no centro o mínimo de coalescência possível das bolhas, sendo necessário muita expansão antes que a formação final da estrutura evite posteriores expansões. A estrutura final se dá por uma combinação de geleificação da matriz amido/proteína e o endurecimento devido à perda de umidade. A perda de umidade na superfície está relacionada com a temperatura e com a pressão de vapor de água (umidade) na superfície. Há a necessidade de conduzir o calor o mais rápido possível à peça de massa, no início do período da expansão, com o mínimo de perda de umidade na superfície.

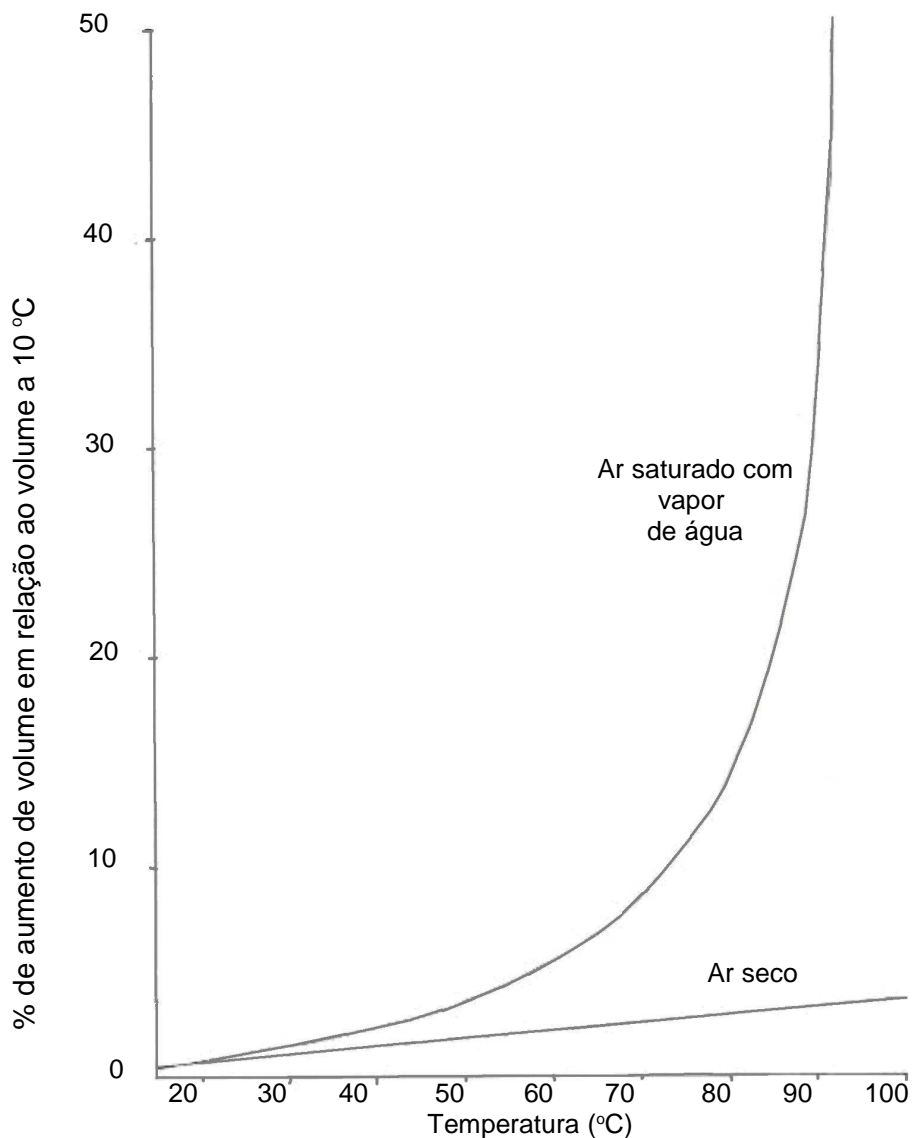


Figura 1: Expansão do ar seco e do saturado com vapor de água, em função da temperatura.

Fonte: Manley (1989 – p. 329)

Não é fácil medir a temperatura das peças de massa quando comparado com a medição da atmosfera do forno, porém vale a pena observar que a geleificação do amido se produz entre 52 e 99°C, e que as proteínas se desnaturam ao redor dos 70°C. O gás é liberado pelos agentes esponjantes com velocidades importantes acima dos 65°C. De acordo com a Figura 1 pode-se ver também que o aumento do volume devido ao vapor de água é acelerado rapidamente acima dos 70°C. A estas temperaturas também as gorduras estão fundidas.

Os produtos ricos em gordura e açúcar têm menos água na massa. Isto quer dizer que a proteína está imperfeitamente hidratada para poder formar glúten, e quando se aquece o conjunto, há insuficiente água para geleificar todo o amido. A estrutura se baseia mais em uma matriz açucarada que não se coagula apreciavelmente com a elevação da temperatura.

2.3.4.2 Redução da umidade

O ideal seria que a perda de umidade se produzisse após a consolidação da estrutura, porém obviamente isto é impossível de ser conseguido. A umidade só é possível de ser eliminada na superfície da peça de massa, o que torna necessário o fenômeno de migração da água à superfície por capilaridade ou difusão. Ambos os fenômenos são acelerados com os gradientes de temperatura, o que faz que nesta etapa da cocção seja necessário o rápido aquecimento do produto a 100°C. Se a superfície for demasiadamente aquecida, a secagem pode ser excessiva e produzir-se cor, portanto impõe-se aí uma limitação.

Ao ir perdendo umidade, o amido e os géis de proteína produzem alguma contração, sendo, portanto inevitável a perda parcial do crescimento do produto. Na maioria dos casos, isto é de pouca importância, comparado com o colapso da estrutura interior devido à ruptura das bolhas de gás, porém, é bom ter em conta que continuará a contração inclusive até que o biscoito esteja completamente queimado, se for continuado o aquecimento.

À medida que o gradiente de umidade através da peça de massa vai aumentando durante a secagem, produzem-se tensões devido à contração da

estrutura do amido. Estas tensões, se não forem relaxadas, podem produzir fissuras ao esfriar o biscoito e se estabelecerá a condição chamada *checking* (trincas), que trará consigo as fraturas. O problema pode ser eliminado se o biscoito for seco mais lentamente ou reduzindo-se o teor de umidade até níveis suficientemente baixos.

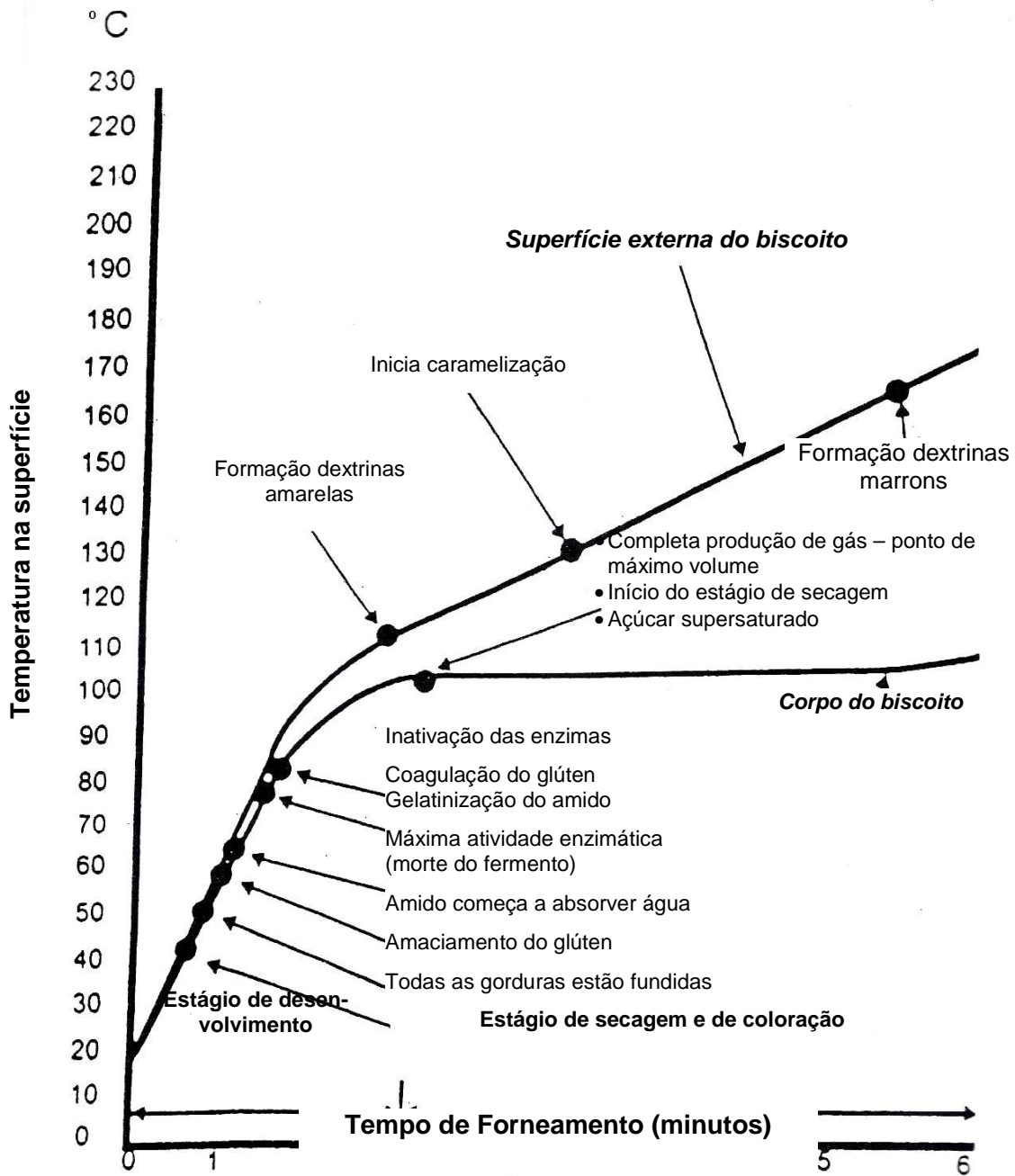
Os produtos com maior teor de gordura ou açúcar têm a estrutura mais plástica enquanto quentes e é, portanto, mais fácil que as tensões sejam relaxadas naturalmente ao esfriar-se o biscoito.

2.3.4.3 Mudanças de coloração

As alterações de cor são devidas a uma série de motivos. A reação de Maillard implica na interação de açúcares redutores com proteínas e produz tons pardo-avermelhados atraentes. Isto ocorre até temperaturas entre 150 a 160°C e está associado com a dextrinização do amido e a caramelização dos açúcares. Estas temperaturas somente ocorrem na superfície da massa, quando o conteúdo de umidade for muito baixo ou quando é aplicado um calor intenso localizado. O que se observa é que quando a estrutura do biscoito é muito aberta, a migração da umidade para a superfície é por difusão e mais lenta, assim pode conseguir-se mais facilmente um aumento local de temperatura na superfície, e conseqüentemente coloração. Uma massa bem crescida se colorirá mais facilmente do que outra mais densa.

À medida que a secagem continua a coloração se desenvolverá nas áreas mais finas ou expostas do biscoito. Esta alteração vem acompanhada pelo desenvolvimento de sabor amargo.

A Figura 2 apresenta graficamente o que ocorre com a peça de massa durante o período em que está no forno, até transformar-se em biscoito assado.



2.3.5 Curva de forneamento

A curva de forneamento é a relação que existe entre a temperatura de assamento e o tempo durante o qual o produto está sendo assado. Para cada tipo de produto existe uma relação de temperatura *versus* tempo ideal, em função das características do produto.

Estas relações variam de valores em função do tipo de forno, capacidade de troca térmica, espessura e peso do produto a ser assado, tipo de fôrma ou esteira onde o mesmo será depositado e outros fatores mais. Porém, para um mesmo tipo de produto, com todas estas possíveis variações, a representação gráfica da relação temperatura *versus* tempo apresenta uma forma semelhante, ou seja, existe uma relação de proporcionalidade.

A figura 3 apresenta um forno contínuo instalado, onde podem ser visualizadas as diversas chaminés de cada uma das zonas de aquecimento. Os biscoitos que estão sendo assados entram por um lado do forno e saem pelo outro, sendo transportados pela esteira que o atravessa.



Figura 3: Forno contínuo.

Fonte: <http://www.tecnoalimentos.com.br>

A figura 4 apresenta detalhe de um dos vários tipos de sistemas de aquecimento para fornos contínuos, onde a parte cinza escuro é a esteira onde os biscoitos são transportados e o que está em vermelho, azul e verde fazem parte do sistema de aquecimento. No “anexo E” pode ser visto um detalhe da saída de um forno contínuo com biscoitos já assados sendo retirados do mesmo.

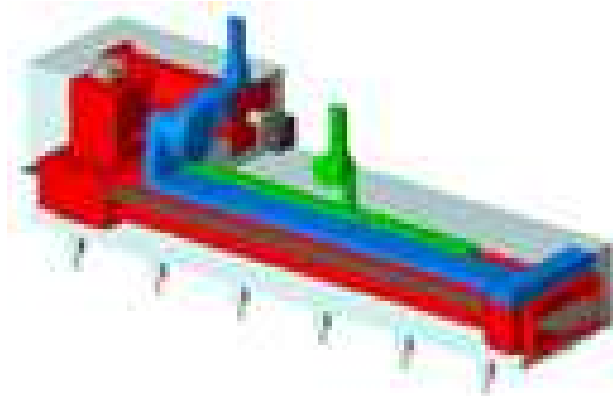


Figura 4: Detalhe de um dos sistemas de aquecimento para forno contínuo.

Fonte: <http://www.imaforini.it>

A Tabela 5 apresenta valores referência de temperatura e tempo de forneamento para biscoitos produzidos por equipamento do tipo “Corte por Arame” em processos contínuos, conforme diferentes autores.

Tabela 5: Valores de temperatura e tempo de forneamento para biscoitos produzidos por corte de arame.

Autor	Início		Meio		Fim		Tempo de For- no (min)
	Teto (°C)	Lastro (°C)	Teto (°C)	Lastro (°C)	Teto (°C)	Lastro (°C)	
Granotec (2000)	190 - 210	130 - 150	220 - 235	160 - 175	205 - 210	165 - 170	6 - 10
BFC (1997)	160	-	200	-	180 - 200	-	6 - 9
Smith (1972)	200	165	230	190	210	175	5 - 9
Ortega (1987)	204	148	229	162	210	176	7 - 9

Fonte: Tabela elaborada pelo autor com base em Granotec (2000 - p. 42), BFC (1997 - capítulo “baking of biscuits”), Smith et al. (1972 - p. 494) e Ortega (1987 - p. 154).

Pode-se observar, pelos dados apresentados na Tabela 5, que existem variações nas temperaturas de forneamento sugeridas pelos diversos autores, mas há uma relação indicando uma temperatura mais elevada na fase intermediária (secagem) do que nas fases inicial (desenvolvimento da estrutura) e final (desenvolvimento da cor). Outro importante ponto a ser ressaltado é o que trata de temperaturas de Teto e Lastro. Temperatura de Teto é a temperatura que é medida na parte superior da esteira ou da bandeja, enquanto que a temperatura de Lastro é a temperatura medida abaixo da mesma.

As figuras 5 e 6 apresentam modelos de curva de forneamento para processos contínuos baseados nos dados apresentados na tabela 5.

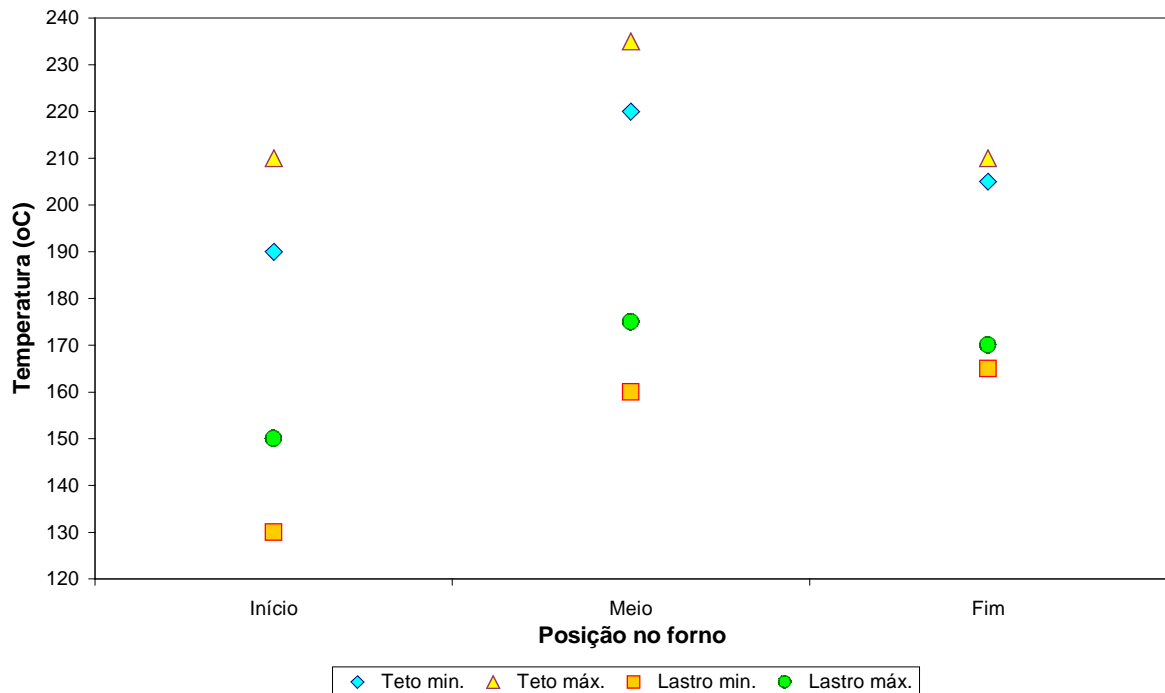


Figura 5: Curva de forneamento para processos contínuos segundo Granotec.

Fonte: Desenvolvida pelo autor com base em Granotec (2000 - p. 42).

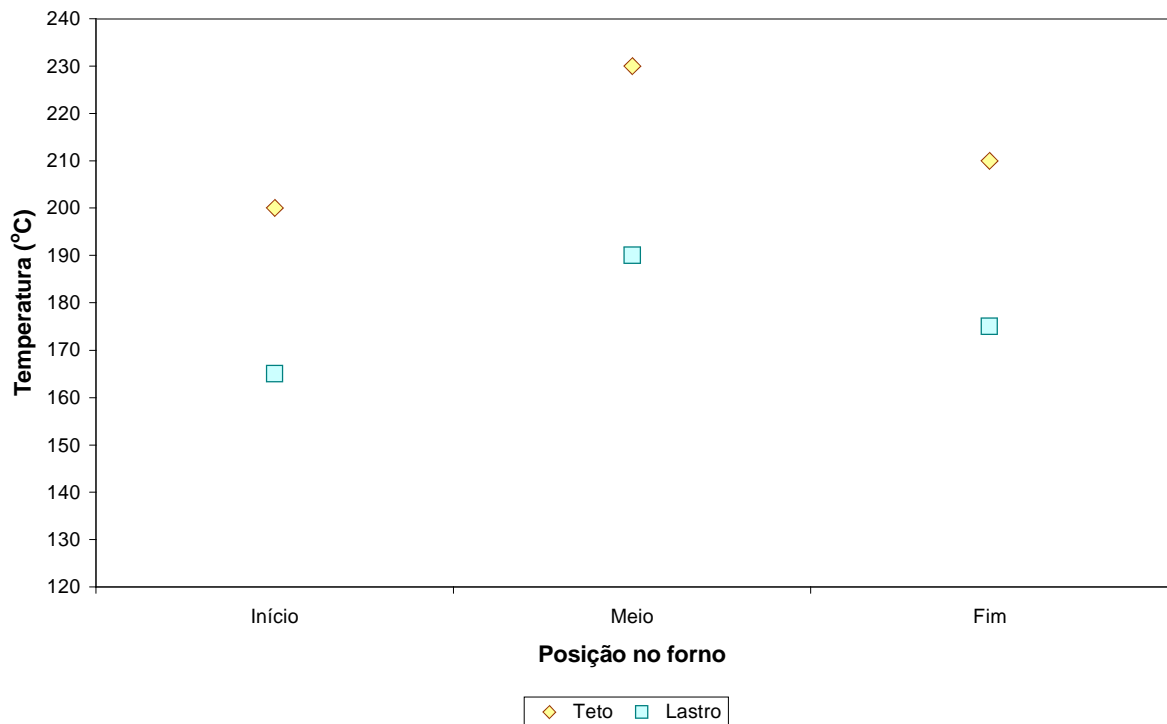


Figura 6: Curva de forneamento para processos contínuos segundo Smith.

Fonte: Desenvolvida pelo autor com base em Smith et al. (1972 - p. 494).

Usualmente fazem-se medições de teto e lastro em fornos contínuos com esteiras perfuradas ou chapas lisas. Em fornos de batelada, onde são assadas várias bandejas ao mesmo tempo, e estas são dispostas umas acima das outras é muito difícil a tomada de temperatura, pois o que é teto de uma também é lastro para a localizada logo acima.

A temperatura de lastro deve ser inferior do que a de teto, pois a base do produto está em contato com uma superfície metálica que absorve e conduz mais calor ao produto. Caso a temperatura de lastro seja muito alta pode ocorrer um superaquecimento da base do biscoito com conseqüente escurecimento localizado, além de que uma elevada temperatura no lastro faz com que o produto espalhe (esparrame) sobre a esteira ou bandeja.

2.4 Processo em batelada versus processo contínuo

O que define um processo contínuo é a não necessidade de interrupção na atividade ao longo do tempo, a não ser por alguma anormalidade. Já um processo em batelada é aquele onde a produção tem início, meio e fim a intervalos regulares, ou seja, é uma atividade periódica.

Na produção de biscoitos a principal atividade que determina o processo como sendo contínuo ou em batelada é o forneamento. O preparo da massa normalmente é uma atividade executada em batelada, porém não acarreta interrupção no ritmo de produção. A formação do biscoito e o empacotamento são atividades contínuas, e alguma parada só ocorre por motivo alheio as atividades, como por exemplo, manutenção, falta de material ou atraso no forneamento.

A escolha entre um processo de produção de biscoitos em batelada ou contínuo deve ser realizada com base na relação de vantagens e desvantagens de cada um deles.

A seguir são apresentadas algumas características e a avaliação das vantagens de cada processo em relação a cada uma delas:

- versatilidade: nos processos em batelada é possível assar em um mesmo forno diferentes produtos a cada fornada, alterando-se somente o tempo e/ou a temperatura, quando for o caso. Em processos contínuos o forno só pode produzir o que está sendo formado na linha de produção. Para o forneamento de outro produto é necessário que seja feita a troca na máquina formadora, e quando for o caso, ajuste de temperatura do forno, e que demanda um tempo de máquina parada;
- tamanho do lote: em virtude da facilidade de troca de produtos a serem assados, nos processos em batelada é mais fácil que sejam produzidos lotes de pequenos tamanhos de produção, ou seja, é mais viável que seja produzido pequenos lotes de produção de um ou mais itens;
- tamanho dos equipamentos e distribuição: os equipamentos utilizados nos processos contínuos são normalmente de média a grandes dimensões e são dispostos em seqüência, o que demanda um espaço físico grande, enquanto

que os utilizados nos processos em batelada normalmente são pequenos e podem ser distribuídos em espaços menores;

- custo de aquisição e instalação: em virtude do tamanho dos equipamentos utilizados nos processos em batelada os custos de aquisição e instalação são mais baixos do que para os processos contínuos;
- escala de produção: normalmente o equipamento contínuo tem capacidade para produção de grandes volumes por unidade de tempo, ao contrário dos processos em batelada;
- controle de temperatura: nos processos contínuos quando atingido o equilíbrio de temperatura nos diversos estágios do forno o controle da temperatura é mais prático, rápido e eficiente do que em fornos em batelada.

Com base nestas características observa-se que os processos em batelada são mais indicados para pequenas empresas, pela versatilidade de produção e principalmente pelo custo inicial.

2.5 Análise e solução de problemas

“Em todo o fenômeno existe a dispersão. Os dados que não apresentam uma dispersão são falsos” (ISHIKAWA, 1986, p. 197).

2.5.1 Conceitos básicos

Quando se fala em análise e solução de problemas, alguns conceitos básicos são importantes:

A. qualidade:

Um produto ou serviço de qualidade é aquele que atende de forma confiável, acessível, segura e no tempo certo às necessidades do cliente (CAMPOS, 1992, p. 2).

“Qualidade é adequação ao uso” (JURAN, 1995, p. 16). A qualidade definida como adequação ao uso fornece as bases da Qualidade Total, pois a rigor, qualidade é uma questão abrangente, muito ampla. Desta forma não existe qualidade que não seja “total” (PALADINI, 1994, p. 16).

B. processo:

Segundo Werkema (1995a, p. 6) e Campos (1992, p. 17), processo é um conjunto de causas (equipamentos, insumos, métodos ou procedimentos, condições ambientais, pessoas e informações do processo ou medidas) que têm como objetivo produzir um determinado efeito (fabricação de um bem ou o fornecimento de um serviço), o qual é denominado produto do processo.

Um processo pode ser dividido em outros menores, o que permite que cada processo menor seja controlado facilmente, facilitando a identificação de possíveis problemas e a atuação nas possíveis causas, resultando em um controle mais eficiente de todo o processo (WERKEMA, 1995b).

C. item de controle:

São índices numéricos estabelecidos sobre os efeitos de cada processo para medir a sua qualidade total (CAMPOS, 1992, p.19). São também chamados de itens de controle dos resultados e devem ser estabelecidos sobre os pontos de controle, pois nunca devem ser criados sobre algo que não se possa controlar.

Os itens de controle são características mensuráveis de qualidade do produto, por meio dos quais um processo é gerenciado (WERKEMA, 1995a, p. 11). “Pode-se concluir que os itens de controle são medidas do atendimento aos desejos dos clientes” (DELLARETTI F^o, 1994, p. 31).

D. item de verificação:

Segundo Campos (1992, p.19), os itens de verificação de um processo são índices numéricos estabelecidos sobre as principais causas que afetam determinado item de controle. São também chamados de itens de controle das causas e são estabelecidos sobre os pontos de verificação do processo.

Os itens de verificação são as principais causas que afetam um determinado item de controle de um processo e que podem ser medidas e controladas (WERKEMA, 1995a, p. 11). Conforme Dellaretti F^o (1994, p. 37), para que se garanta a qualidade do produto é preciso controlar o processo.

A figura 7 mostra a localização dos itens de controle e dos itens de verificação de um processo.

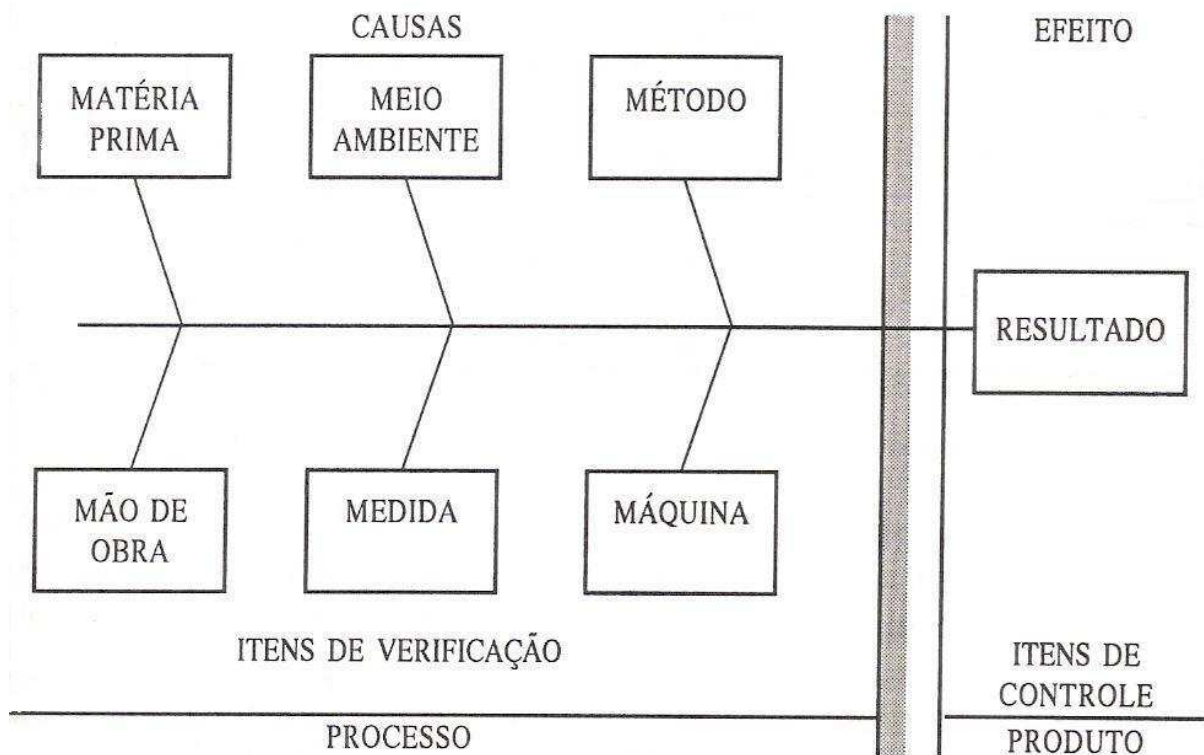


Figura 7: Itens de verificação e de controle de um processo.

Fonte: Dellaretti F^o (1994, p.37).

E. problema:

Problema é um resultado indesejável de um processo, é um item de controle que não atinge o nível desejado. Portanto, como o item de controle mede o resultado de um processo, problema é um item de controle com o qual não estamos satisfeitos. Conforme Dellaretti F^o (1994, p. 31), problema é um item de controle que não agrada. Segundo Mc Gregor, citado por Campos (1992, p. 20), gerenciar é essencialmente resolver problemas.

F. ciclo PDCA

“O Ciclo PDCA é um método gerencial de tomada de decisões para garantir o alcance das metas necessárias à sobrevivência de uma organização” (WERKEMA, 1995a, p. 17). Segundo Campos (1992, p. 29), o Ciclo PDCA é um método para a prática do controle, e é composto das quatro fases básicas do controle: planejar (**Plan**), executar (**Do**), verificar (**Check**) e atuar corretivamente (**Action**):

- i. planejamento (P) - Consiste em:
 - estabelecer metas sobre os itens de controle;
 - estabelecer o método para alcançar as metas propostas.
- ii. execução (D) - execução das tarefas exatamente conforme planejado e coleta de dados para verificação do processo. São essenciais o treinamento e a educação;
- iii. verificação (C) - a partir dos dados coletados na execução, compara-se o resultado obtido com a meta planejada;
- iv. atuação corretiva (A) - consiste em atuar no processo em função dos resultados obtidos. Existem duas formas:
 - adotar como padrão o plano proposto, caso a meta tenha sido alcançada;
 - agir sobre as causas do não atingimento da meta, caso o plano não tenha sido efetivo.

2.5.2 Método de solução de problemas

O que significa melhorar o processo produtivo? Como saber se uma alteração é mesmo uma melhoria? Uma resposta poderia ser estruturada a partir do conceito de proximidade, ou seja, um procedimento é melhor do que outro se o resultado dele está mais próximo daquilo que queremos do que o outro.

Conforme Campos (1992, p. 207), o método de solução de problemas, também chamado pelos japoneses de “QC Story”, é a peça fundamental para que o controle da qualidade possa ser exercido.

A utilização do Ciclo PDCA de melhorias consiste em uma seqüência de procedimentos lógicos, baseada em fatos e dados, que tem como objetivo localizar a causa fundamental de um problema para posteriormente eliminá-la. No giro deste

ciclo, as técnicas estatísticas atuarão como ferramentas básicas para a coleta, o processamento e a disposição das informações, permitindo a tomada de decisões confiáveis (WERKEMA, 1995b, pg. 287).

A figura 8 apresenta o método de solução de problemas - *QC Story* e a figura 9 mostra um exemplo de detalhamento da utilização do Ciclo PDCA para melhoria.

PDCA	FLUXO-GRAMA	FASE	OBJETIVO
P	①	IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA	DEFINIR CLARAMENTE O PROBLEMA E RECONHECER SUA IMPORTÂNCIA.
	②	OBSERVAÇÃO	INVESTIGAR AS CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS DO PROBLEMA COM UMA VISÃO AMPLA E SOB VÁRIOS PONTOS DE VISTA.
	③	ANÁLISE	DESCOBRIR AS CAUSAS FUNDAMENTAIS.
	④	PLANO DE AÇÃO	CONCEBER UM PLANO PARA BLOQUEAR AS CAUSAS FUNDAMENTAIS.
D	⑤	EXECUÇÃO	BLOQUEAR AS CAUSAS FUNDAMENTAIS.
C	⑥	VERIFICAÇÃO	VERIFICAR SE O BLOQUEIO FOI EFETIVO.
	⑥	(BLOQUEIO FOI EFETIVO?)	
A	⑦	PADRONIZAÇÃO	PREVENIR CONTRA O REAPARECIMENTO DO PROBLEMA.
	⑧	CONCLUSÃO	RECAPITULAR TODO O PROCESSO DE SOLUÇÃO DO PROBLEMA PARA TRABALHO FUTURO.

Figura 8: Fases do Método de Solução de Problemas - *QC Story*

Fonte: Campos (1994, p. 226)

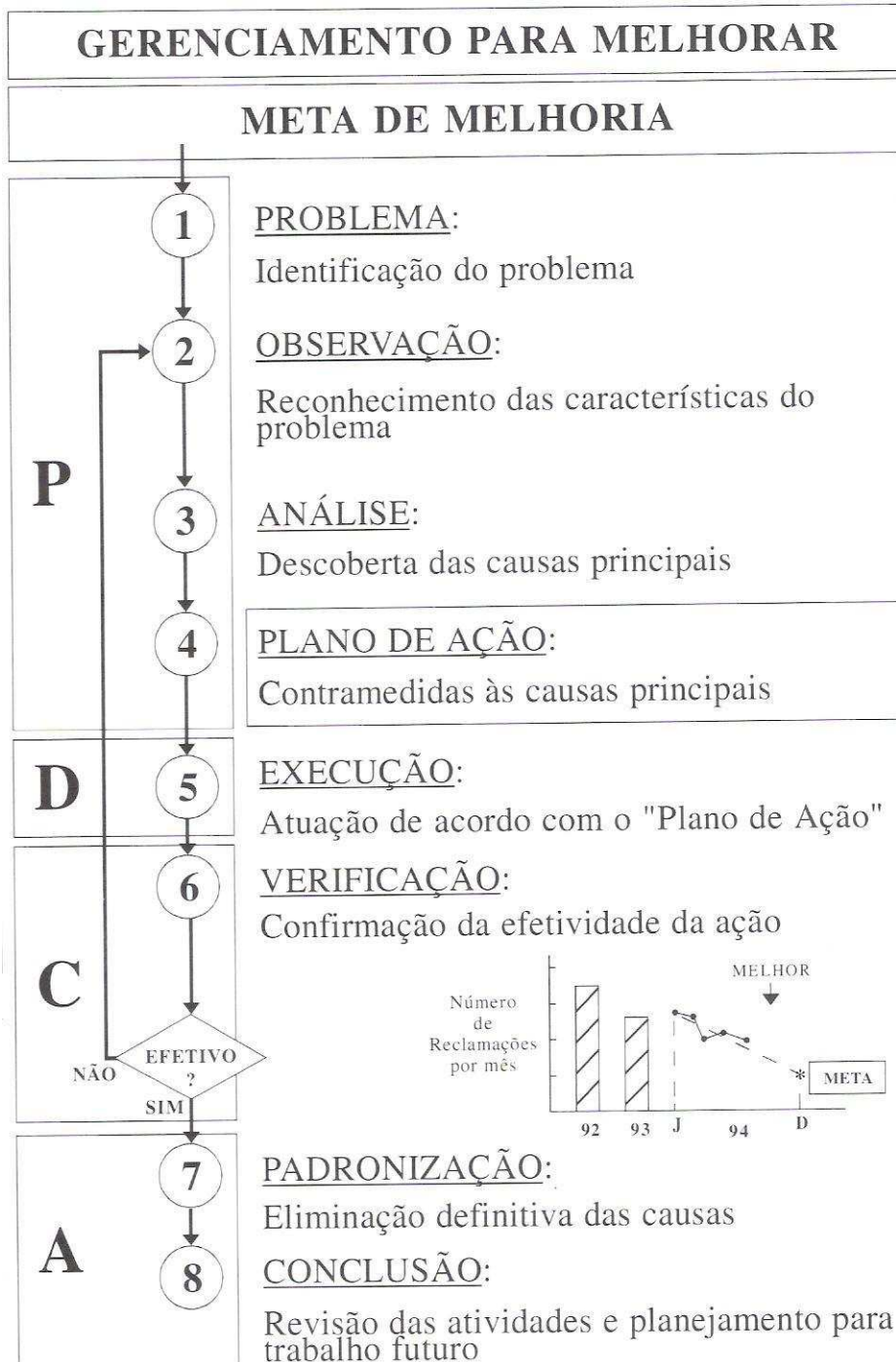


Figura 9: Exemplo de detalhamento do PDCA de melhorias.

Fonte: Campos (1994, p. 198)

2.5.3 Ferramentas da qualidade

Os aspectos conceituais, organizacionais e doutrinários da Qualidade Total são bem compreendidos e há amplo consenso sobre sua validade. Isto por si só, entretanto, é insuficiente para garantir o sucesso de seu uso. A efetiva implantação só foi possível após o desenvolvimento de técnicas que pela sua simplicidade, facilidade de utilização e obtenção de resultados imediatos e notáveis, mostrou que a Qualidade Total podia passar da teoria à prática, e sua aplicação resultando em benefícios consideráveis (PALADINI, 1994, p. 66).

As principais técnicas envolvem as “ferramentas” de qualidade:

- ferramentas estatísticas básicas ou ferramentas tradicionais: o objetivo básico é auxiliar no entendimento do processo, para providenciar o meio de melhorá-lo. As mais utilizadas são: estratificação, gráfico de Pareto, diagrama de causa-efeito, histograma, gráfico de controle, folha de checagem (folha de verificação) e diagrama de dispersão;
- ferramentas derivadas das novas estruturas dos sistemas de produção: desenvolvidas principalmente a partir do *just in time*. Sua prioridade é organizar o processo produtivo. As mais usuais: perda zero, células de produção, Kanban, manutenção preventiva total (TPM), círculos da qualidade, JIDOKA (ou “autonomação”) e qualidade na origem;
- ferramentas do planejamento ou novas ferramentas da qualidade: estão voltadas para o desenvolvimento de estratégias. As mais usuais são: diagrama de afinidades, diagrama de relações, diagrama de árvore, diagrama de matriz, diagrama de priorização, diagrama do processo decisório e diagrama de setas.

As principais ferramentas utilizadas neste projeto são destacadas a seguir, baseadas em Campos (1992), Paladini (1994) e Werkema (1995a e 1995b).

2.5.3.1 Gráfico de Pareto

São gráficos utilizados para classificar causas que atuam sobre um dado processo de acordo com seu grau de importância. Dispõe a informação de forma a tornar evidente e visual a priorização de problemas e projetos.

O modelo econômico desenvolvido por Vilfredo Pareto, onde a maior parte da renda está concentrada em poucas pessoas, foi traduzido para a área da qualidade por Juran, onde alguns poucos elementos são vitais e muitos são triviais. Os poucos vitais, representam um pequeno número de problemas, mas que resultam em grandes perdas. Os muitos triviais são uma extensa lista de problemas, porém convertem-se em perdas pouco significativas.

“O gráfico de Pareto dispõe a informação de forma a permitir a concentração dos esforços para melhoria nas áreas onde os maiores ganhos podem ser obtidos” (WERKEMA, 1995b, p. 76).

O diagrama de Pareto é um modelo gráfico que classifica os elementos críticos em ordem decrescente de importância, a partir da esquerda. A linha horizontal mostra categorias, classes ou grupos de elementos, enquanto que na vertical é associada a uma escala de valor constituída de medidas em unidades financeiras, freqüências de ocorrências, percentuais, número de itens e outros. A figura 10 apresenta um exemplo de gráfico de Pareto aplicado.

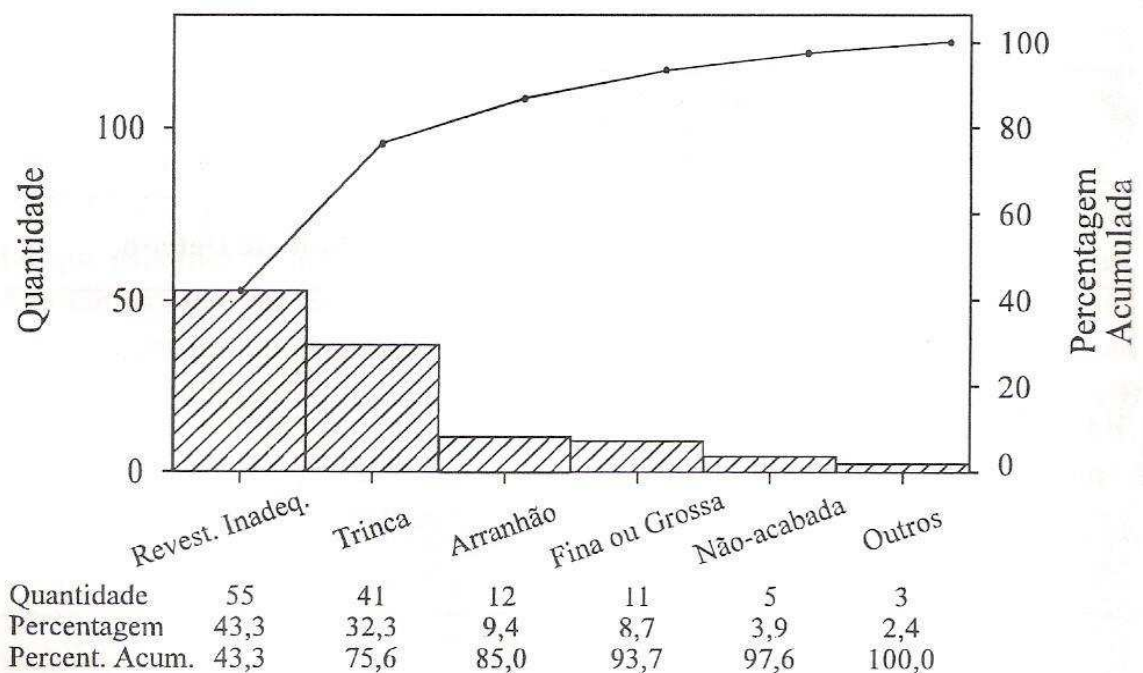


Figura 10: Gráfico de Pareto para tipos de defeitos de lentes.

Fonte: Werkema (1995b, p. 78)

2.5.3.2 Diagrama de causa e efeito

Também conhecido como gráfico espinha de peixe ou diagrama de Ishikawa (que o criou, em 1943). Instrumento voltado para a análise de processos produtivos. Possui forma similar à espinha de peixe, onde o eixo principal mostra o fluxo de informações e as espinhas representam as condições secundárias, figura 11. Utilizado para apresentar a relação existente entre um resultado de um processo (efeito) e os fatores (causas) do processo que podem afetar o resultado considerado. É empregado nas seções de *brainstorming* realizadas nos trabalhos em grupo.

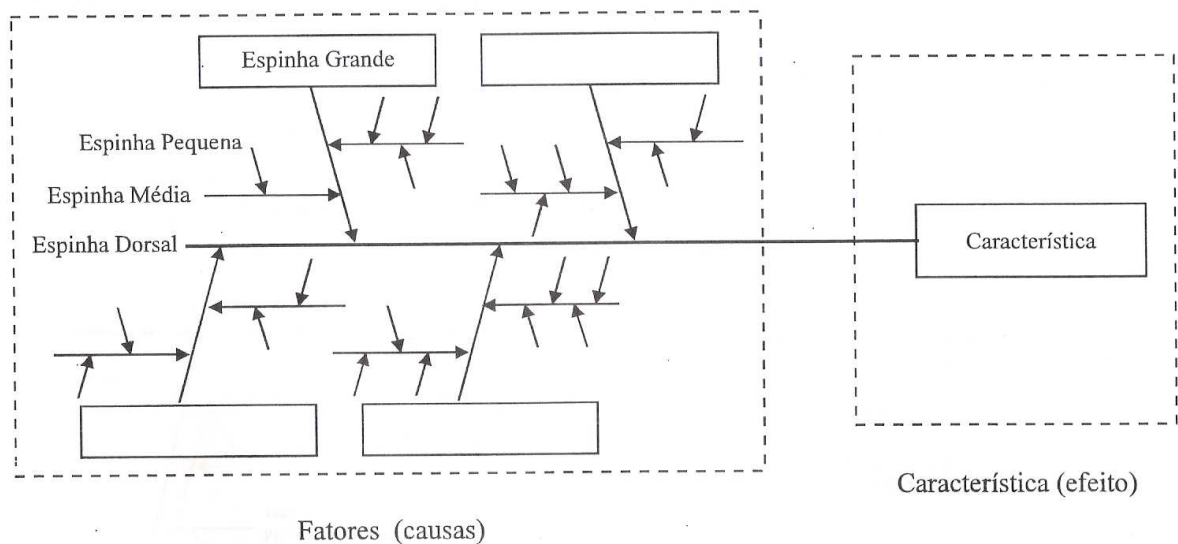


Figura 11: Estrutura do diagrama de causa e efeito.

Fonte: Werkema (1995b, p. 103)

2.5.4 Brainstorming

Segundo Wikipédia (2007, <http://pt.wikipedia.org/wiki/Brainstorming>), o *brainstorming* (ou “tempestade de idéias”) mais que uma técnica de dinâmica de grupo é uma atividade desenvolvida para explorar a potencialidade criativa do indivíduo, colocando-a a serviço de seus objetivos.

O *brainstorming* clássico é baseado em dois princípios:

- atraso do julgamento: a maioria das más idéias são inicialmente boas idéias. Atrasando ou adiando o julgamento, é dada a oportunidade de se gerarem

muitas idéias antes de se decidir por uma. Quando praticamos o atraso do julgamento, permitimo-nos usar a nossa mente criativa para gerar idéias sem julgá-las. Quando geramos idéias, é necessário ignorar as considerações à importância da idéia, à sua usabilidade, à sua praticabilidade. Neste patamar, todas as idéias são iguais.

- criatividade em quantidade e qualidade: quanto mais idéias forem geradas, maior será a probabilidade de encontrar uma boa. A técnica de *brainstorming* tira vantagem de associações que se desenvolvem quando se consideram muitas idéias. Uma idéia pode levar a uma outra. Idéias más podem levar a boas idéias. Por vezes, não conseguimos pensar num problema enquanto não houver algumas respostas. O *Brainstorming* dá-nos a chance de pôr as idéias que passam pela cabeça no papel, de maneira a conseguir obter as melhores delas.

Algumas regras são importantes:

- críticas são rejeitadas: esta é provavelmente a regra mais importante. Esta regra é aquela que primariamente diferencia um *brainstorming* clássico dos métodos de conferência tradicionais.
- criatividade é bem-vinda: é utilizada para encorajar os participantes a sugerir qualquer idéia que lhe venha à mente, sem preconceitos e sem medo, pois as idéias mais desejáveis são aquelas que inicialmente parecem ser sem domínio e mais à frente poderão ser uma solução.
- quantidade é necessária: quanto mais idéias forem geradas, maior é a probabilidade de encontrar uma boa idéia. Quantidade gera qualidade.
- combinação e aperfeiçoamento são necessários: o objetivo desta regra é encorajar a geração de idéias adicionais para a construção e reconstrução sobre as idéias dos outros.

3 METODOLOGIA

3.1 Materiais e Equipamentos

A seguir estão listados os materiais e os equipamentos utilizados nesta dissertação:

- massa para produção de biscoitos, com receita desenvolvida e produzida na empresa RC Indústria e Comércio de Alimentos Ltda.;
- balança Urano modelo US 20/2, com capacidade de carga de 20 kg e divisão de 2 g até 6 kg e de 5 g entre 6 e 20 kg;
- batedeira planetária Scheffer, modelo BPS 50, com 50 litros de capacidade;
- máquina de formação de biscoitos por extrusão com corte por arame, fabricação Irmãos Pinho, com capacidade de produção de 300 biscoitos por minuto, reformada por RS Manutenção, com adaptações no sistema de transporte das bandejas;
- forno turbo Scheffer, modelo TSL 450, com aquecimento a lenha e capacidade de um carrinho com prateleira para bandejas. O forno possui um display com programador de tempo e mostrador de temperatura. A leitura da temperatura é realizada através de um termopar tipo “J”. Internamente o forno possui um ventilador (turbina) para a movimentação do ar aquecido;
- carrinho para colocação de bandejas com capacidade de 32 bandejas, fabricação Scheffer, posteriormente modificado para 26 bandejas. O carro possui duas partes, a de baixo que serve para movimentação dentro da fábrica e a de cima que serve de prateleira para a colocação das bandejas e vai junto ao forno, são dois carros completos;
- bandejas para assar biscoitos com 70 cm de comprimento, 39 cm de largura e 3 cm de altura, posteriormente modificadas para 1,5 cm de altura;
- soldador/datador de pedal Araújo. Acionada por pedal é utilizada para fechamento das embalagens e marcação de datas de fabricação e validade.

O forno utilizado neste trabalho é do tipo em batelada, com aquecimento indireto e utiliza lenha como combustível. Outros tipos de combustíveis sólidos também podem ser utilizados. O forno possui uma câmara de assamento e uma

outra de combustão, conforme pode ser visto na figura 12. Nos anexos A, B, C e D podem ser vistos outros detalhes do forno como termopar, *damper*, carrinho das bandejas e carrinho no forno.

A câmara de assamento possui uma porta para a colocação do carro das bandejas e uma abertura no teto para a exaustão do vapor de água produzido no assamento, e não tem contato com os gases da combustão. No fundo da câmara existe um ventilador tipo turbina que faz a movimentação do ar aquecido. A câmara de combustão (fornalha) está localizada na parte inferior, com acesso pela frente do forno. Ela possui uma grelha onde é colocada a lenha e um cinzeiro para coleta das cinzas da queima, que fica logo abaixo da fornalha. Os gases produzidos pela queima passam por fora da câmara de assamento, sendo retirados por uma chaminé, que possui um *damper*, que pode ser utilizado para controlar a exaustão.

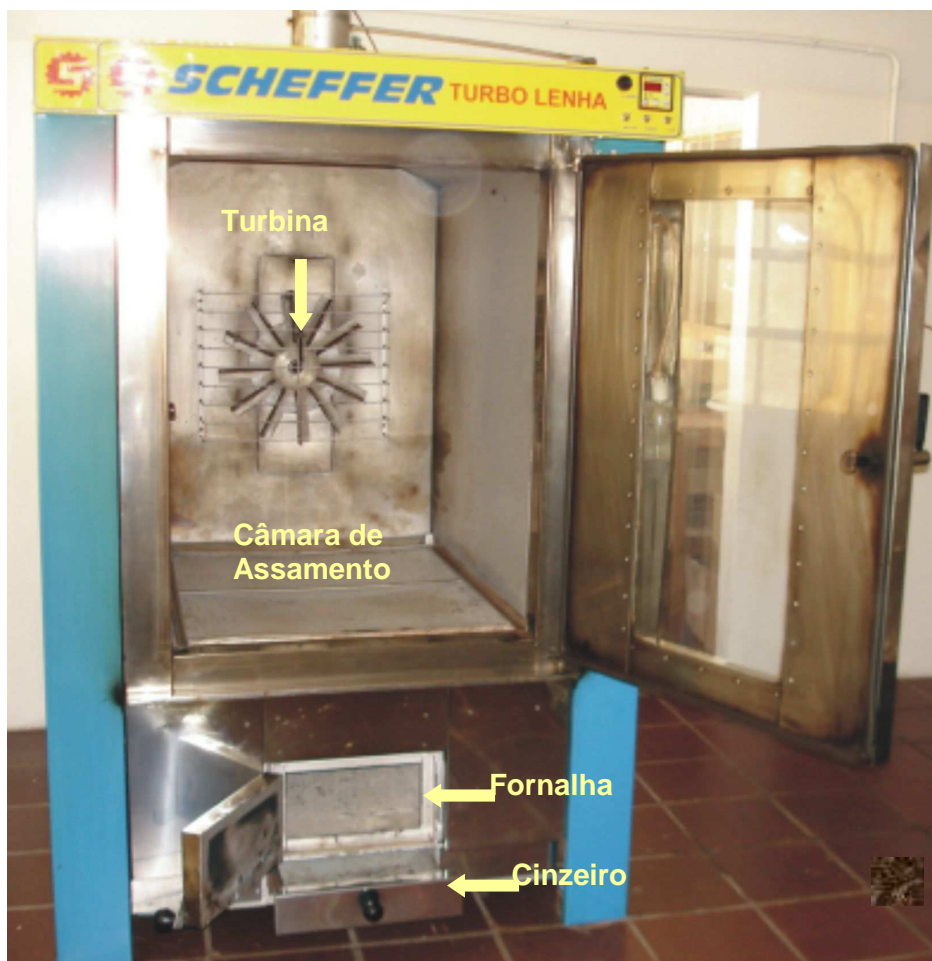


Figura 12: Forno estático de bandejas para assamento de biscoito, com aquecimento à lenha.
Fonte: registro fotográfico do autor, 2005.

3.2 Produção de biscoito

O processo de produção de biscoitos é composto das seguintes etapas:

- preparo da massa;
- formação do biscoito;
- forneamento;
- acondicionamento do produto acabado.

A figura 13 apresenta um fluxograma detalhado do processo de produção em estudo.

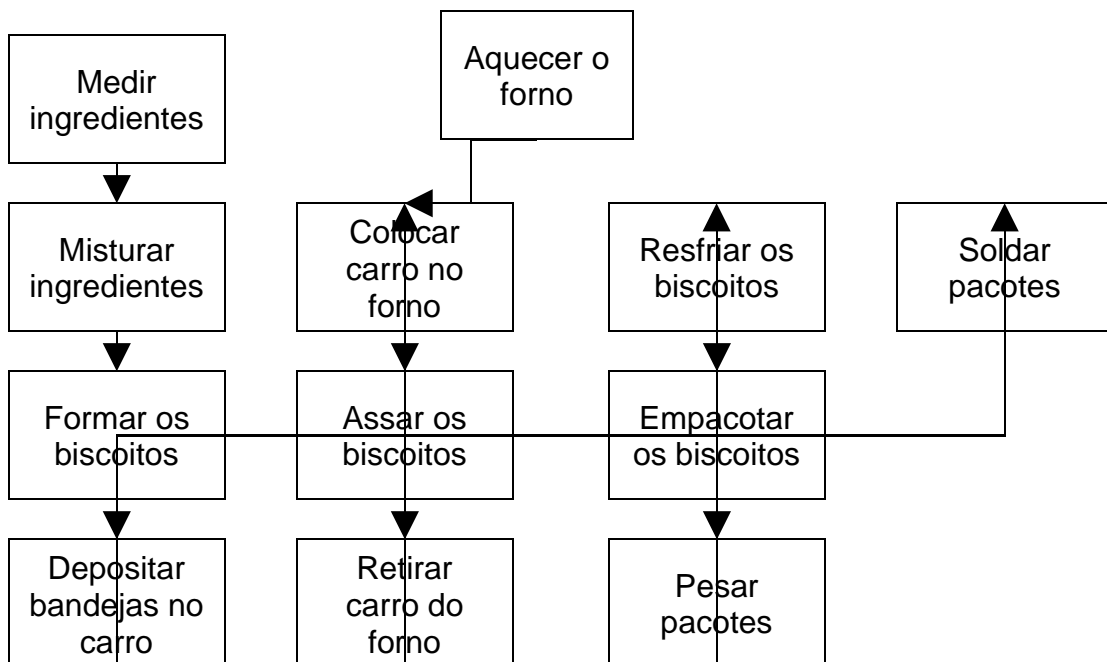


Figura 13: Fluxograma do processo de produção de biscoitos

Fonte: Fluxograma elaborado pelo autor

O preparo da massa inicia com a medição dos ingredientes. Todos os ingredientes são pesados, com exceção da água que é medida por volume. Após medido, cada ingrediente é acondicionado em um recipiente apropriado e fica reservado até o momento de ser colocado na batedeira. Os ingredientes são misturados em batedeiras até que haja a formação de uma massa homogênea. A produção da massa é uma atividade em batelada.

A forma do biscoito é dada por uma máquina chamada de corte por arame, sendo formado por extrusão através de uma trafiladora e cortado por um fio de arame de aço. O biscoito ao ser cortado é depositado em bandejas, que são colocadas no carro com prateleiras.

O forneamento é um processo em batelada que inicia a partir da colocação do carro com as bandejas no forno aquecido. A porta deve ser fechada o mais breve possível para evitar perda de calor. O ponto final do assamento é dado pela visualização da coloração característica do produto e quando necessário é retirada uma amostra, que é partida e verificado se não há partes cruas no interior.

A operação do forno é executada conforme recomendação do fabricante, através do manual do equipamento:

- a. abra a porta da fornalha, coloque lenha e acenda o fogo;
- b. após o acendimento do fogo, feche a tampa da fornalha e abra parcialmente o cinzeiro, aproximadamente 5 centímetros;
- c. ligue a chave geral "PAINEL";
- d. ligue a chave "MOTOR" para ligar o ventilador, que deve funcionar sempre que o forno estiver aceso, ou seja, a partir do início do processo de aquecimento;
- e. aguarde até que o forno atinja a temperatura desejada;
- f. programe o tempo de cozimento digitando a tecla "PGM" duas (2) vezes e ajuste pressionando ↑ ou ↓ até o tempo desejado. Digite novamente "PGM" para confirmar;
- g. ligue a chave "LUZ" para iluminação interna, quando precisar;
- h. estando o ventilador ligado, o forno na temperatura desejada, o tempo de cozimento programado e a fornalha abastecida, proceda:
 - i. abra a porta (o ventilador desliga automaticamente);
 - ii. coloque as bandejas no forno;
 - iii. feche a porta (o ventilador liga automaticamente);
 - iv. digite a tecla "figura de um relógio" no painel para iniciar a contagem de tempo.
- i. terminado o tempo de cozimento soará o alarme e o display ficará piscando;
- j. digite "PGM" para desligar o alarme;
- k. abra a porta e retire as bandejas.

Algumas alterações no procedimento indicado pelo fabricante foram realizadas com a finalidade de melhorar o desempenho. Antes da abertura da porta da câmara de assamento o ventilador é desligado para que a perda de calor pela porta seja menor.

Ao final da etapa de forneamento o carro com os biscoitos é retirado do forno e os biscoitos permanecem nas bandejas durante um intervalo de tempo que varia entre 5 a 10 minutos, em função da temperatura ambiente. Este período serve para que a temperatura das bandejas diminua até que possam ser manuseadas para retirar o produto e colocá-los em caixas plásticas.

O produto é empacotado manualmente, o que permite que se faça um controle, onde são retirados os biscoitos não conformes. Cada pacote é individualmente pesado e corrigido caso necessário, seguindo para fechamento por soldador/datador com aquecimento, sendo acondicionado em caixa de papelão.

3.3 Desenvolvimento do procedimento de forneamento

Os procedimentos de forneamento dependem de uma série de fatores, tais como o tipo de forno e o produto a ser assado, entre outros. O procedimento de produção de biscoitos em fornos à lenha com processo em batelada foi realizado conforme as seguintes etapas:

- o forno foi operado conforme recomendação do fabricante, com procedimentos determinados no manual do equipamento. A determinação do ponto final de assamento é dada pela coloração característica do produto;
- foi realizada uma série de testes preliminares para determinar o melhor momento de abastecimento de lenha e da quantidade de lenha a ser abastecida;
- foi realizada uma série de testes preliminares para determinar a temperatura do forno mais adequada para início do assamento;
- foi determinada por experimentação a temperatura máxima no forno para a fase final do forneamento, com a finalidade de evitar que o produto adquira uma coloração muito escura ou queime.

3.4 Perdas

Perda é produto que não pode ser empacotado em relação à produção total. Os produtos não podem ser empacotados quando apresentam cor, textura, aparência ou formato fora dos padrões.

O percentual de perda é calculado a partir da seguinte expressão:

$\% \text{ Perda} = \text{Refugo} / (\text{Refugo} + \text{Bom}) * 100$, onde,

Refugo = peso de produto que não pôde ser empacotado;

Bom = peso de produto empacotado, calculado pela produção em pacotes, multiplicada pelo peso nominal do pacote.

3.5 Análise de problemas

A metodologia de análise e solução de problemas empregada baseia-se no Método “QC Story” (CAMPOS, 1992) e consiste dos seguintes processos:

- identificação do problema;
- análise das causas;
- plano de ação.

Para a identificação dos problemas foram identificadas as principais não conformidades. Em seguida foi feita uma avaliação das mesmas, baseado nos parâmetros de perdas iniciais do processo, seguindo-se com a estratificação e o uso do Diagrama de Pareto para identificar e priorizar as não conformidades mais relevantes, isto é, quais os principais problemas do processo. Convencionou-se que:

- Perda (%): é o percentual de produto não empacotado (refugos) em relação à produção total (refugos + empacotados);
- % Individual: é o percentual que representa cada um dos tipos de refugo no total de produto não empacotado;
- % Acumulado: é a soma acumulada dos percentuais individuais.

A identificação das causas foi feita utilizando a ferramenta “Tempestade Cerebral” ou *Brainstorming*. Realizou-se uma reunião onde foi solicitado que cada um dos presentes apresentasse sugestões à pergunta “Por que ocorre o problema?”. Para tanto utilizou-se da experiência do autor e a dos envolvidos:

- colaborador com 25 anos de experiência em empresas de beneficiamento de fumo, atuando na manutenção elétrica e também como encarregado de manutenção;
- colaborador com 22 anos de trabalho na empresa Füller S.A. produtora de biscoitos e massas, tendo atuado como encarregado de produção durante mais de 10 anos;
- colaborador com graduação em Engenharia de Produção e 1 ano e meio de trabalho na empresa Isabela S.A. produtora de biscoitos e massas como encarregado de produção;
- autor com graduação em Engenharia Química e Especialização em Tecnologia de Alimentos e Gestão da Qualidade Total, experiência de 14 anos em indústria de alimentos sendo 9 anos na empresa Füller S.A. produtora de biscoitos e massas, como supervisor de qualidade e desenvolvimento.

O método consistiu do seguinte:

- apresentação de idéias: cada membro apresentou sugestões que imaginava como uma possível resposta à pergunta;
- avaliação das sugestões: as idéias apresentadas foram discutidas até consenso de que fossem ou não uma causa plausível;
- plano de ação: para cada uma das causas levantadas como possível foi feita uma avaliação, montado um plano de ação e executado.

As causas avaliadas como possíveis foram então agrupadas por famílias para a confecção do “diagrama de causa e efeito” ou “diagrama de Ishikawa”. Identificadas as causas fundamentais, estratégias de ação foram discutidas e planos de ação foram elaborados e executados para solucionar as situações causadoras dos problemas. Depois de implementados os planos, foi verificada a eficácia de cada uma das ações corretivas. Nos casos em que não foi eficiente elaborou-se e implementou-se novo plano de ação. No caso das ações implementadas que foram

eficientes realizou-se a padronização das mesmas, visando manter o nível alcançado.

3.6 Curva de forneamento

A medição da temperatura da câmara de assamento do forno é realizada através de um termopar do tipo “J”. As medições foram realizadas em um produto para evitar que variações de formulação influíssem no resultado final.

Convencionou-se que cada batelada inicia com o aquecimento do forno após a retirada do carro da batelada anterior, terminando quando é retirado o carro com os biscoitos assados.

A coleta dos dados foi feita a intervalos regulares de 1 minuto. Os dados começaram a ser coletados a partir da terceira batelada do dia. Nas duas primeiras bateladas do dia, além dos biscoitos, também o carro e as bandejas estão frios absorvendo uma grande quantidade de calor. É então necessária uma temperatura mais elevada para compensar esta maior necessidade de calor, e desta forma o forneamento apresenta condições diferentes das bateladas seguintes.

Foi estabelecida uma convenção para a identificação do tempo de forneamento, porque o tempo de aquecimento inclui o perfil de temperatura resultante da batelada anterior e não apresenta comportamento constante:

- tempo zero (T_0) → momento em que o carro é colocado no forno e a porta é fechada;
- tempo negativo → é o tempo de aquecimento do forno e transcorre entre o fechamento da porta do forno ao final de uma batelada e T_0 ;
- tempo 1 negativo (-1) → é o momento onde a porta é aberta para a colocação dos biscoitos para assar;
- tempo positivo → tempo decorrido entre T_0 e o final do forneamento, onde o ventilador deve ser desligado para a retirada do carro do interior do forno.

As leituras das temperaturas foram realizadas visualmente no display do forno e anotadas manualmente em planilhas, sendo posteriormente transcritas para planilha eletrônica e a seguir confeccionadas as curvas de forneamento.

A curva de forneamento é dada pela temperatura em função do tempo do assamento. A confecção da curva de forneamento foi realizada com auxílio de planilha eletrônica. Executada a curva de forneamento pôde-se compará-la com as curvas de forneamento encontradas na literatura para processos contínuos.

4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A transformação de uma peça de massa crua em biscoito ocorre durante o forneamento onde acontecem diferentes modificações, como o desenvolvimento da estrutura, a redução da umidade e mudanças na coloração. Na produção de biscoitos utilizando forno com aquecimento à lenha e processo em batelada, acontecem problemas decorrentes da dificuldade de manter padrões de temperatura e tempo de assamento, bem como de adequar as temperaturas requeridas para cada uma das etapas de acordo com as especificações encontradas na literatura.

Em consequência destes problemas há a produção de biscoitos com falta de uniformidade de cor, inclusive com alguns biscoitos não podendo ser embalados. Estas variações de cor não foram observadas somente entre biscoitos produzidos em diferentes lotes, como também entre os produzidos em uma mesma bandeja de uma fornada.

Como forma de mensurar a quantidade de produto não empacotado utilizou-se a avaliação da quantidade de perdas, expressa na forma de percentual. Os biscoitos são inspecionados e classificados durante o processo de empacotamento pelo próprio colaborador que realiza a tarefa.

4.1 Análise de problemas

Para que as dificuldades encontradas pudessem ser resolvidas, utilizou-se a metodologia de análise e solução de problemas baseada no Método “QC Story”. Inicialmente procurou-se identificar os principais problemas do processo em estudo. Após isto foram identificadas as principais não-conformidades para os problemas, que fazem com que os produtos não possam ser empacotados. A seguir foram buscadas as causas para cada uma das não conformidades e posteriormente montados planos de ação para tratá-las.

4.1.1 Identificação do problema

Os principais problemas identificados foram:

- dificuldade de uniformização da cor no produto acabado (figura 14);
- produto acabado que não pode ser empacotado. O percentual de perdas resultante das produções realizadas em março de 2005 foi em média 7,18%.



Figura 14 - Amostra de biscoito assado com bordas queimadas.

Fonte: Registro fotográfico do autor, 2005.

As não-conformidades que fazem com que o produto não possa ser empacotado, são:

- farelo: resíduos de pequeno tamanho;
- biscoito quebrado ou deformado: biscoitos que não estão inteiros ou que tenham tamanho, espessura e/ou forma irregulares;
- biscoito com diferentes padrões de cores:
 - biscoito queimado: produto com coloração muito mais escura do que o normal, sabor amargo e cheiro característico de queimado;
 - biscoito cru: produto que não assou completamente, apresentando partes moles ou com uma coloração muito mais clara do que o normal para o produto.

Com a finalidade de identificar a importância de cada uma das não conformidades no elevado índice de perdas (7,18%) procedeu-se a estratificação (Tabela 6) e obteve-se o seguinte resultado:

Tabela 6: Estratificação das não conformidades

<i>Não conformidades</i>	<i>Perda (%)</i>	<i>% Individual</i>	<i>% Acumulado</i>
Queimado/Cru	6,68	92,92	92,92
Quebrado/Deformado	0,35	4,94	97,86
Farelos	0,15	2,14	100,000
Total	7,18		

Fonte: tabela elaborada pelo autor a partir de informações de produção no mês de março de 2005.

Os biscoitos queimados e crus são perda de produto, pois não podem ser embalados nem tampouco reaproveitados. Os biscoitos quebrados, deformados e os farelos são classificados como retrabalho, pois podem ser reaproveitados, porém, para fins deste projeto serão considerados como perda de produção, pois são computados como produto não empacotado.

A partir dos dados obtidos com a estratificação foi confeccionado o Gráfico de Pareto para as não conformidades anteriormente levantadas referentes ao mês de março de 2005 que é apresentado na figura 15.

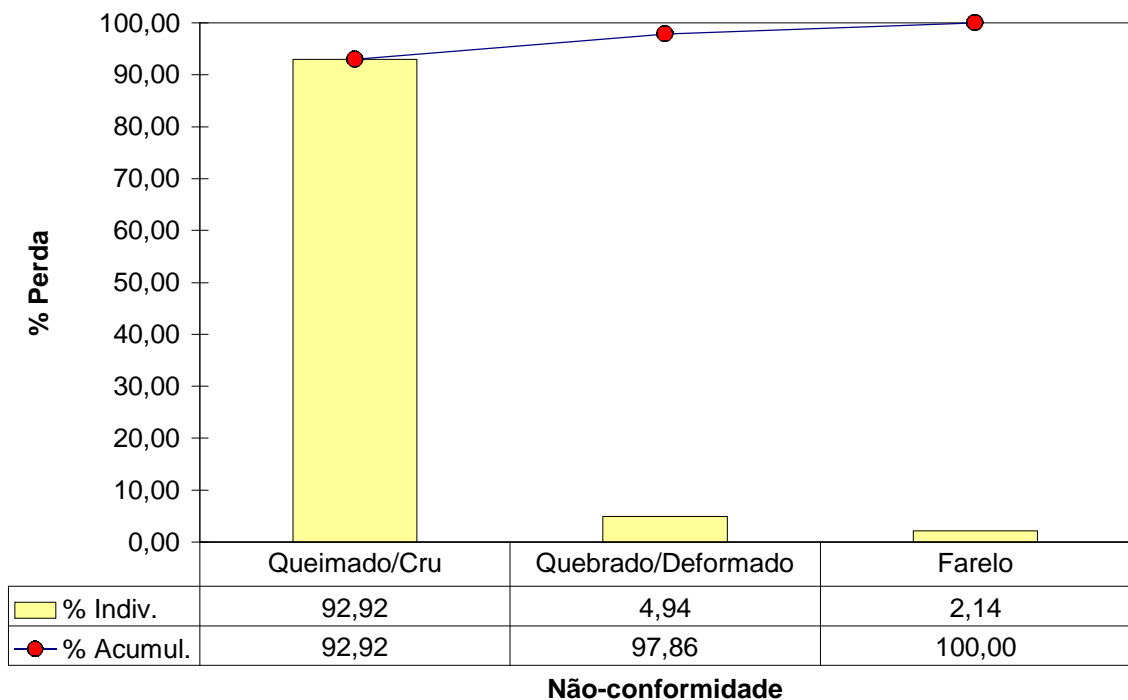


Figura 15 - Gráfico de Pareto para as não conformidades no mês de março de 2005.

Fonte: Gráfico elaborado pelo autor.

Com base nestes resultados identificou-se que a não conformidade mais relevante no elevado índice de perdas é a de biscoitos com diferentes padrões de cores, ou seja, biscoitos queimados ou biscoitos crus. As não conformidades biscoitos quebrados e deformados e farelos aparecem com um percentual pequeno, menor do que 8% do total das perdas, ou aproximadamente 0,5% de perda.

4.1.2 Análise das causas e planos de ação

Como a principal não conformidade identificada foi a de biscoitos com diferentes padrões de cores, o que está relacionado com o problema de dificuldade de uniformização da cor no produto acabado e no elevado índice de perdas, foi proposto uma análise mais aprofundada das causas deste problema.

A metodologia empregada para a avaliação foi o *Brainstorming*. A seguir são listadas as sugestões apresentadas pelo grupo bem como a avaliação de cada uma delas:

- formulação inadequada: a sugestão foi descartada porque o problema ocorria em todos os produtos;
- massa mal batida: foi considerada como uma causa possível, pois neste caso poderia haver pontos da massa com quantidades diferentes de ingredientes, o que ocasionaria problemas na extrusão e corte, conseqüentemente produzindo biscoitos com diferentes tamanhos e espessuras;
- massa muito seca ou muito úmida: teria como origem uma formulação inadequada ou por massa mal batida. Baseando na avaliação dos itens anteriores esta seria uma possível causa dos problemas;
- biscoitos com diferentes espessuras: foi considerado como uma causa possível, pois biscoitos de diferentes espessuras necessitam tempos e temperaturas distintos para o assamento;
- má distribuição dos biscoitos nas bandejas: biscoitos muito próximos ou afastados necessitam quantidades diferentes de calor para o assamento;
- má distribuição de calor no forno: neste caso haveria pontos da câmara de assamento com mais alta temperatura do que em outros, produzindo biscoitos com diferentes padrões;
- variação da matéria prima: descartou-se a sugestão pois o problema ocorria em todos os lotes de produção, mesmo utilizando-se matéria prima de mesmo lote;
- tempo de batida da massa: poderia ter como origem um procedimento inadequado ou massa mal batida, podendo ser muito ou pouco batida;
- falta de controle da temperatura no forneamento: a falta de controle da temperatura ocasionaria lotes de produção assados com diferentes temperaturas, causando variações no produto;
- falta de controle do fogo: a falta de controle da chama produzida na combustão acarretaria em uma dificuldade no controle da temperatura;
- tipo de lenha: o equipamento deve trabalhar com qualquer tipo de lenha, porém, lenhas de diferentes materiais e origens, com diferentes teores de umidade e tamanho produzem quantidades de calor diferentes, que refletem no controle da chama e conseqüentemente da temperatura.

As causas identificadas foram agrupadas por famílias de causas e construído o “diagrama de causa e efeito” ou “diagrama de Ishikawa” (figura 16) conforme segue:

- materiais:
 - a. tipo de lenha;
- máquinas ou equipamentos:
 - a. biscoitos com diferentes espessuras;
 - b. má distribuição dos biscoitos nas bandejas;
 - c. má distribuição de calor no forno;
- medidas ou informações: nenhuma;
- meio ambiente: nenhuma
- mão de obra ou pessoas:
 - a. preparo inadequado da massa: mal batida, tempo de batida errado e/ou massa muito seca ou muito úmida;
- método ou procedimentos:
 - a. preparo inadequado da massa: procedimento de tempo de batida da massa errado;
 - b. falta de controle da temperatura no forneamento;
 - c. falta de controle do fogo (chama).

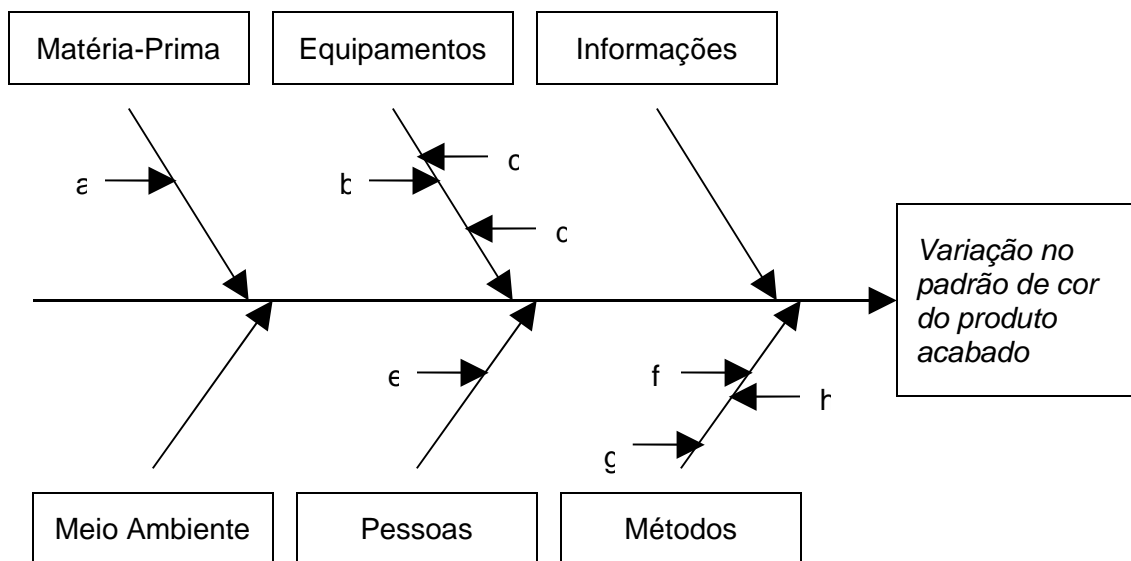


Figura 16 - Diagrama de causa e efeito para as causas da variação de cor do produto acabado.

Fonte: diagrama executado pelo autor.

A partir da identificação das possíveis causas, procedeu-se então a avaliação das origens do problema, a proposição de planos de ação e a sua implementação, conforme segue:

1. Quantidade de massa (biscoito cru) com diferentes tamanhos e espessuras

Avaliação A: há variação de espessura entre os biscoitos produzidos em diferentes cortes, onde principalmente o primeiro corte é mais grosso do que os demais. Após cada bandeja ter sido abastecida com biscoitos o equipamento é desligado para que a mesma seja colocada no carro e uma nova bandeja vazia seja abastecida na máquina. Mesmo com o equipamento parado, a massa que fica entre os rolos de pressão e o bico formador (trafila) está sob pressão, fazendo com que uma pequena quantidade de produto seja “empurrada” para fora. Esta quantidade de massa a mais faz com que os biscoitos produzidos ao religar a máquina sejam mais espessos do que os restantes, conforme figura 17.



Figura 17 - Biscoito do 1º corte mais grosso do que os demais cortes.

Fonte: Registro fotográfico do autor, 2006.

Correção proposta: os biscoitos produzidos pelo primeiro corte foram eliminados, sendo retirados e colocados novamente junto com a massa para extrusão. Foi necessário também que a bandeja fosse colocada mais para trás, com a finalidade de fazer com que os biscoitos do primeiro corte caíssem fora, para que não houvesse espaço vazio na bandeja. Como consequência obteve-se uma melhor uniformização de espessura nos biscoitos formados e depositados na bandeja. A uniformização não é perfeita em virtude da quantidade de massa no recipiente da máquina de corte de arame. Quando o recipiente está cheio exerce uma pressão maior do que quando está quase vazio, fazendo com que mais massa seja extrusada e conse-

quentemente as peças sejam mais grossas. As variações são consideradas pequenas e aceitáveis em virtude do processo.

Avaliação B: podia acontecer variação entre duas bateladas do mesmo produto. Tal variação seria causada por um preparo inadequado da massa através de erro de adição de ingredientes, pesagem incorreta, falta de um ingrediente, massa mal batida ou tempo de batida da massa inadequado. Estas variações produziriam condições de corte diversas, pois massa mais úmida tem mais facilidade de ser extrusada do que uma mais seca, bem como massa com teor de gordura mais elevado.

Correção proposta: como forma de prevenir erros por pesagem incorreta e esquecimento de adição de algum ingrediente, adotou-se o uso de planilha de pesagem com formulação, onde o operador visualiza a quantidade de cada ingrediente e anota a execução da pesagem e adição à batedeira de cada um dos materiais pesados. Também foi treinado o operador para identificar o ponto correto de massa, evitando que a mesma seja colocada na máquina caso tenha sido mal batida ou preparada incorretamente.

2. distribuição dos biscoitos nas bandejas

Avaliação: o corte do biscoito realizado pelo arame deposita (“joga”) os biscoitos desordenadamente sobre a bandeja (figura 18). Uma das causas que poderia levar a isto é o arame que faz o corte estar muito frouxo. Outra possibilidade é a presença de pontos de consistência diferente na massa, ou ainda uma massa muito seca.



Figura 18 - Distribuição dos biscoitos na bandeja após corte.

Fonte: Registro fotográfico do autor, 2005.

Correção proposta: em relação a pressão do arame de corte, adotou-se um ajuste onde o arame foi estendido até que fique bem firme. Com relação a pontos da massa com consistência diferente, já foi corrigido no item anterior, porém o problema ainda persistiu. Passou-se então a “arrumar” os biscoitos em cada bandeja, de forma a distribuí-los da maneira mais uniforme possível. A execução desta tarefa não acarreta perda de produtividade, em virtude da disponibilidade do forno, ou seja, o tempo de forneamento é maior do que o tempo necessário para que o carro seja completado com biscoitos.

3. distribuição de calor não uniforme na câmara de assamento

Avaliação: o forno, da forma como foi projetado, apresentava problemas de distribuição de calor na câmara de assamento (figura 19). Em todas as fornadas ocorriam algumas bandejas com biscoito começando a queimar, noutras o produto estava bom e em outras estava cru. Os pontos onde queimava biscoito eram na parte frontal inferior direita do carro (posições 13A, 15A e 15B - figura 20), indicando que havia concentração de calor nestes locais do forno. Nas bandejas do alto do carro (posições 2A e 2B - figura 20), os biscoitos produzidos eram muito claros indicando deficiência de calor nesta área. Estas avaliações indicavam haver problema de distribuição do calor provavelmente por deficiência na circulação de ar.



Figura 19 - Bandeja apresentando biscoitos com diferentes cores e com bordas queimadas.

Fonte: Registro fotográfico do autor, 2005.

Correções propostas: várias medidas foram implementadas para corrigir esta falha, e estão listadas a seguir segundo a cronologia com que ocorreram e sua respectiva avaliação:

- a. o forno internamente possuía uma chapa defletora em cada lateral. As chapas foram retiradas e obteve-se uma melhor distribuição de calor. Contudo a melhora foi parcial, porém, manteve-se o forno sem as mesmas;
- b. o carrinho onde as bandejas são colocadas, para posteriormente serem levadas ao forno, possui espaço para a colocação de duas bandejas por andar, porém a profundidade é maior do que o espaço necessário para a colocação de duas bandejas. Foi experimentado colocar as bandejas bem para o fundo do carro, encostadas uma na outra. Também se colocou as bandejas encostadas uma na outra bem na parte da frente do carro. Nenhuma das duas alternativas surtiu efeito de melhorar a distribuição de calor. Foi abandonado este procedimento;
- c. foi deixado sem bandejas as posições 2 A, 2 B, 13 A, 15 A e 15 B, que eram os locais onde os biscoitos queimavam ou ficavam crus. As posições “A” são na parte frontal do carro enquanto que as “B” são do fundo. As posições 1 ficam situadas na parte superior do carro e as 16 na parte inferior (figura 20). Houve uma melhora bastante boa na distribuição do calor, com redução de diferenças de assamento entre as bandejas. O procedimento foi mantido;



Figura 20 - Posição das bandejas no carro com 16 andares.

Fonte: Registro fotográfico do autor, 2005.

- d. deixou-se um espaço entre as bandejas da frente e as do fundo do mesmo “andar” no carrinho (Figura 21), alinhando-se as do fundo no final do carro e as da frente afastadas entre 4 a 6 cm das bandejas do fundo. Obteve-se um bom resultado e manteve-se o procedimento;
- e. o carrinho foi transformado para 13 “andares” de altura (Figura 22) com redistribuição do espaçamento entre as bandejas, sem haver mudança das dimensões externas. Com isto eliminou-se o procedimento “c” adotado anteriormente. O resultado foi uma boa distribuição de calor e o carro foi mantido com esta configuração, mantendo-se também os itens “a” e “d”;



Figura 21 - Afastamento entre bandejas da parte da frente e as do fundo do carro.
Fonte: Registro fotográfico do autor, 2005.



Figura 22 - Carro modificado com 13 andares.
Fonte: Registro fotográfico do autor, 2005.

- f. algumas bandejas foram rebaixadas de 3 cm para 1,5 cm com o objetivo de melhorar a distribuição de calor (figura 23). O resultado obtido foi bom e mudou-se todas as bandejas para uma altura menor, pois possibilita que haja uma melhor circulação do ar dentro do forno.



Figura 23 - Bandejas com altura original de 3 cm e modificada para 1,5 cm.

Fonte: Registro fotográfico do autor, 2006.

Após a realização de todas estas mudanças houve uma melhor distribuição de calor na câmara de assamento, com uma variação na qualidade de produto muito pequena e aceitável.

4. dificuldade de controle da temperatura

Avaliação: a dificuldade de controlar a chama na fornalha é responsável diretamente pela dificuldade de controle da temperatura no interior da câmara de assamento. O processo de geração de calor é realizado pela queima de lenha na fornalha, onde os gases e fumaça gerados são extraídos por meio de uma chaminé com exaustão natural. Um ponto importante é o momento para o abastecimento de lenha no forno e em que quantidade. A utilização de combustíveis sólidos apresenta condições diversas de queima e controle em relação aos combustíveis líquidos e gasosos, tais como:

- o uso de lenhas com diferentes dimensões, teores de umidade e origem apresentam diferentes poderes caloríficos, ocasionando uma dificuldade de controle;
- não há como controlar automaticamente a chama, isto é, não é possível em um momento acender a chama e em outro logo a seguir apagá-lo se necessário, como pode ser feito com combustíveis líquidos e gasosos;
- também não é possível modular a chama, isto é, aumentar ou diminuir a chama conforme a necessidade de maneira fácil e eficiente;
- até que a lenha entre em combustão, quando é abastecida no forno, ocorre um abafamento com conseqüente redução de chama e, por conseguinte redução da produção de calor.

Correções Propostas:

A. visando obter um melhor controle da combustão foram testados diferentes tipos de lenha:

- pinus: tendo como origem os resíduos da industrialização de material escolar e jogos em madeira. Este material era composto de pequenas peças, sendo que a maioria era de pedaços de régua, peças de dominó, entre outros, o que facilitava a medida para abastecimento. Este combustível possui uma queima muito rápida com grande geração de calor, porém tem um grande inconveniente que é a produção de um resíduo (picumã) que é expelido pela chaminé. Este resíduo é preto, muito leve e adere com facilidade às superfícies. Além de gerar um problema ambiental, o resíduo ficava preso nas paredes internas do forno e da chaminé diminuindo a área de troca de calor e exaustão. Devido a estes problemas foi abandonado o seu uso;
- lenha de demolição de casas e de obras: é uma lenha normalmente bastante seca e que queima muito bem, porém pode estar contaminada por tinta e cimento. Outro inconveniente dá-se pelo fato de que não possui nenhum padrão de dimensões e tipo de lenha;
- aparas de serraria: é o resíduo do corte das toras de eucalipto em serraria de madeiras. Os pedaços possuem dimensões uniformes e adequadas ao equipamento. Permitiu que se fizesse apenas um abastecimento de lenha no forno por batelada, o que não era conseguido com outros tipos devido a variação dos mesmos. É o material que foi adotado para uso.

B. foi desenvolvido um procedimento operacional para o forno adequado a realidade da empresa:

- como base, foram seguidos os procedimentos recomendados pelo fabricante no manual do equipamento;
- aquecimento:
 - a lenha deve ser colocada de maneira que fique espalhada por toda a câmara de combustão, não produzindo assim locais com concentração de chama;
 - para os abastecimentos realizados durante o processo de produção, foi determinado através de testes preliminares que a lenha deve ser abastecida uma única vez para cada fornada, no momento posterior a retirada do carro da batelada anterior, começando assim o reaquecimento do forno. A importância de um único abastecimento e no início do período de aquecimento, é que a cada abastecimento de lenha há uma diminuição na produção de calor, o que não é interessante durante o período em que os biscoitos estão sendo assados. A maior produção de calor concentra-se no período de aquecimento e início do forneamento, onde os biscoitos necessitam de maior quantidade de calor para o desenvolvimento da estrutura e redução da umidade. No final do assamento, onde os biscoitos facilmente adquirem cor e podem queimar, há pequena produção de calor, pois não há mais fogo, apenas brasa;
 - a carga de lenha a ser abastecida foi determinada em aproximadamente 5 kg. Como é impossível de que seja feita pesagem de toda a lenha abastecida durante a produção, adotou-se medida por volume;
- temperatura e tempo de forneamento: durante o período do projeto foi determinado qual a temperatura onde o carro deve ser colocado no forno. A temperatura mais apropriada deve ficar entre 225 e 230°C. O tempo de forneamento deve ficar entre 12 e 15 minutos, sendo que a determinação do ponto final do assamento é dada pela coloração característica do produto. Estas variações ocorrem em virtude de cada fornada incluir o perfil de temperatura da batelada anterior, de pequenas variações em peso e teor de umidade da lenha e também de uma pequena variação de tamanho dos biscoitos a serem assados. O operador deve observar a temperatura do forno para que não ultrapasse 170°C

nos 5 minutos finais, pois acima desta temperatura os biscoitos podem rapidamente adquirir uma coloração muito escura. Caso isto ocorra, deve ser fechada a entrada de ar pelo cinzeiro, diminuindo assim a chama na câmara de combustão por falta de oxigênio, ou pelo fechamento parcial do *damper* onde reduz a exaustão e por conseqüência a entrada de ar (oxigênio). A determinação da temperatura de abastecimento foi obtida por experimentação, e caso a temperatura for mais elevada do que os 230°C há a produção de biscoitos queimados nas bordas, e caso seja inferior aos 225°C há a produção de muitos biscoitos crus ou claros demais.

4.1.3 Evolução do nível de perdas

A figura 24 apresenta graficamente os resultados obtidos para os índices de perdas no processo produtivo ao longo do período do projeto.

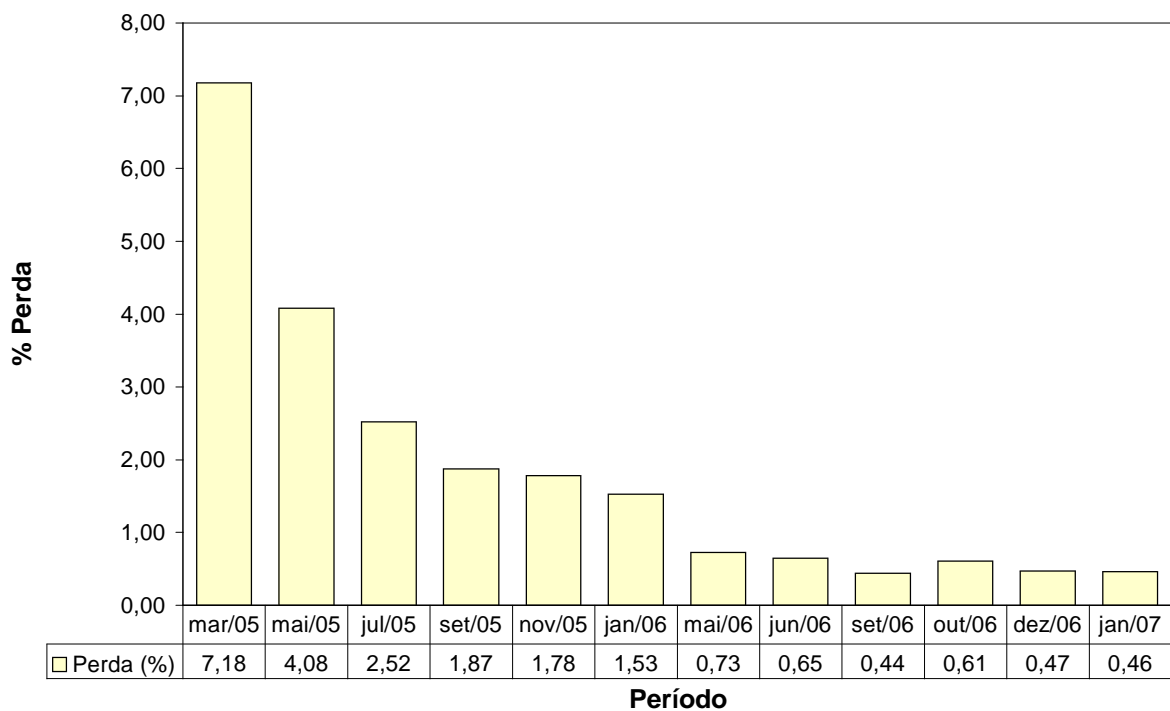


Figura 24 - Gráfico de perdas durante o período do projeto.

Fonte: Gráfico executado pelo autor com base em dados colhidos da produção.

A evolução dos índices de perdas está relacionada com as ações corretivas implementadas. A seguir são listadas as ações já realizadas em cada período do projeto:

- março de 2005 - referente as produções iniciais onde nenhuma alteração no processo havia sido executada;
- maio de 2005 - já havia sido implementado a eliminação dos biscoitos do 1º corte, o uso de planilhas de preparo da massa, o treinamento do masseiro, os biscoitos são arrumados sobre a bandeja, a retirada da chapa defletora lateral e feita uma padronização prévia do processo, onde trabalhava-se com temperatura inicial em torno de 240°C;
- julho de 2005 - a eliminação de algumas bandejas no carro já havia sido implementada, bem como o afastamento entre as bandejas no centro do carro;
- setembro de 2005 - neste período foi implementada a mudança do carrinho de 32 para 26 bandejas;
- novembro de 2005 - começou a utilização de lenha de obras;
- maio de 2006 - iniciou-se a utilização de lenha de eucalipto. O processo foi padronizado e passou-se a adotar um abastecimento de lenha único e de carga padronizada para cada batelada e trabalhar com temperatura inicial em torno de 230°C;
- setembro de 2006 - 15% das bandejas foram rebaixadas para 1,5 cm de altura;
- dezembro de 2006 - começo de utilização de todas as bandejas com altura de 1,5 cm.



Figura 25 - Bandeja com biscoitos com uniformidade de cor.

Fonte: Registro fotográfico do autor, 2007.

Pôde-se observar uma redução do índice de perdas ao longo do período, conforme foram sendo implementadas as ações corretivas propostas. Os resultados indicam que quanto melhor a distribuição de calor e mais padronizado o processo menor é a quantidade de produto perdido. As melhorias mais significativas ocorreram nos períodos compreendidos entre março e julho de 2005 quando foram implementadas medidas que melhoraram a distribuição de calor no interior da câmara e entre janeiro e maio de 2006 com a padronização final do processo. A mudança da altura das bandejas pouco influenciou no resultado de perdas, porém obteve-se um produto mais uniforme em relação à cor, conforme pode ser visto na figura 25.

Outra constatação importante em relação as perdas é de que o atual nível corresponde aproximadamente ao mesmo valor inicial de perdas de biscoito quebrado, deformado e farelo. Conclui-se daí que não houve redução destas perdas com o desenvolvimento do trabalho. Estes valores eram esperados que permanecessem constantes, visto que sua origem deve-se principalmente ao manuseio depois de assado, principalmente quando é retirado das bandejas e colocado em caixas.

4.2 Curva de forneamento

Para que a curva de forneamento pudesse ser traçada era necessário que o processo estivesse padronizado e que os principais problemas operacionais estivessem resolvidos. Depois de realizada a etapa de redução dos problemas de variação de cor e do elevado índice de perdas no processo foi possível executar as medições para a confecção da curva.

Foram realizadas várias corridas de produção e anotados os valores das temperaturas ao longo do tempo de cada uma das bateladas. Com os resultados colhidos foi traçada a curva de forneamento conforme pode ser visto na figura 26.

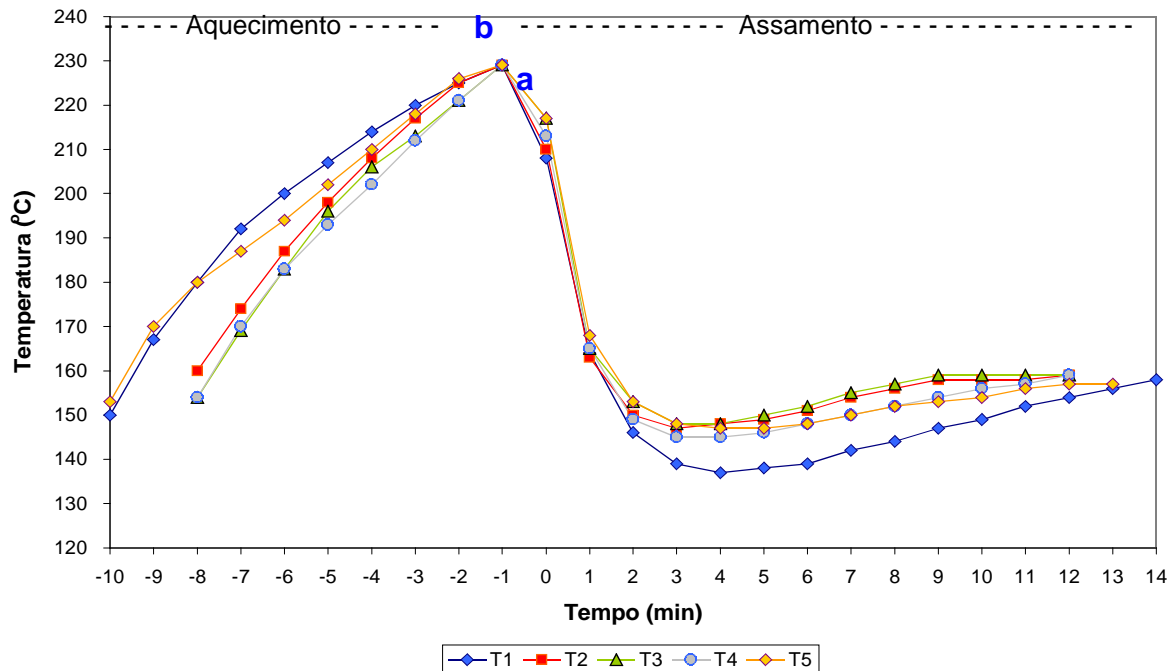


Figura 26: Curva de forneamento completa para o processo em estudo. Onde:

- a. corresponde ao momento do fechamento da porta após abastecido o forno;
- b. temperatura determinada para início do processo.

Fonte: Gráfico executado pelo autor com base em dados colhidos da produção.

O segmento da curva compreendido entre o início da batelada e o tempo (-)1 minuto representa o aquecimento do forno sem os biscoitos. No momento (-)1 minuto o ventilador é desligado, a porta é aberta e o carro com as bandejas colocado para dentro do forno. A queda de temperatura entre (-)1 minuto e o tempo 0, é decorrente da perda de calor pela porta durante a execução do procedimento de colocação do carro.

A partir do momento em que os biscoitos estão no forno ocorrem as etapas do assamento, que são o desenvolvimento da estrutura, a redução de umidade e as mudanças de coloração. A grande queda da temperatura registrada nos três primeiros minutos do assamento se deve ao fato de que o carro, as bandejas e o produto tenham uma temperatura muito menor do que a do interior do forno, absorvendo desta forma uma grande quantidade de calor. Nos minutos seguintes, o produto que está sendo assado necessita de muito calor, que é absorvido pelas reações de desenvolvimento da estrutura e pela grande quantidade de água que precisa ser eva-

porada. Este consumo de calor garante que apesar de haver fogo na câmara de combustão e já haver equilíbrio entre a temperatura do forno e a temperatura do biscoito não ocorre uma significativa elevação da temperatura.

Somente nos minutos finais a temperatura tende a subir mais rapidamente, pois já não há mais quase água para ser evaporada e as reações de desenvolvimento já cessaram, ocorrendo somente mudanças de coloração na superfície do produto, que necessitam de pouco calor. Nos instantes finais, quanto mais alta for a temperatura, mais rapidamente o produto adquire cor e caso ela se eleve demais, facilmente o produto irá adquirir uma coloração escuro enegrecida, característica de produto queimado. Nesta situação é necessária uma maior atenção por parte do operador, que pode atuar no processo abrindo a porta do forno para controlar a temperatura.

Na figura 27 são apresentados os gráficos que representam a relação entre tempo de forno e temperatura na câmara de assamento, somente do período em que há biscoito assando. É feita uma comparação dos resultados para o processo em batelada estudado e para processos contínuos com dados obtidos a partir da literatura, onde as curvas T1, T2, T3, T4 e T5 pertencem ao processo em estudo e “Smith - Teto” e “Smith - Lastro” são dados obtidos em Smith et al., 1972, conforme tabela 5 (p. 31).

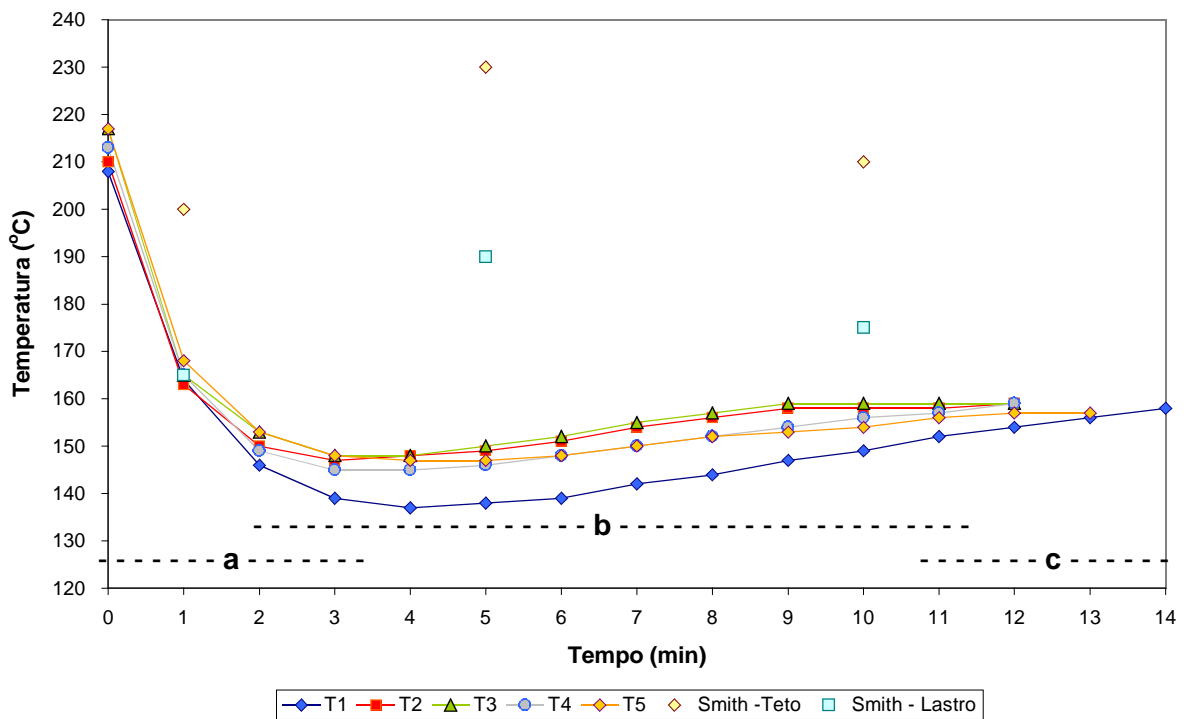


Figura 27: Gráfico comparativo das temperaturas do forno para o processo em estudo e para processo contínuo. Onde:

- a. desenvolvimento da estrutura
- b. redução da umidade
- c. mudanças de coloração

Fonte: Gráfico executado pelo autor com base nos dados obtidos no projeto e indicados por Smith et al. (1972, p. 494).

As características do perfil de temperatura durante o período de assamento são distintas entre os dois processos. A forma da curva de temperatura em função do tempo é completamente diferente por um motivo extremamente importante, nos processos contínuos normalmente existem de três a cinco zonas de aquecimento, que são controladas separadamente. Os biscoitos nos processos contínuos passam por zonas com temperatura constante, uma vez que também há um abastecimento constante do forno e constante retirada de produto.

Nos processos contínuos há a possibilidade de controle independente de temperatura, consegue-se trabalhar com temperaturas mais elevadas na zona central do forno e mais baixa no final, possibilitando assim um tempo de assamento menor.

A avaliação das curvas de forneamento para o processo em estudo demonstra a uniformidade da atividade entre diferentes bateladas, comprovando a eficácia das ações corretivas executadas.

A importância da confecção das curvas de forneamento está na possibilidade de visualização rápida e clara das características do processo no que se refere a esta importante etapa, identificando-se a temperatura de colocação do carro no forno, bem como possibilitando a programação do controlador de tempo.

5 CONCLUSÃO

O presente estudo demonstrou ser possível a produção de biscoitos com padrão de qualidade elevado em processos de produção de biscoitos por batelada em fornos com aquecimento à lenha, comprovado pela uniformização de cor no produto acabado e pela redução do índice de perdas que ficou abaixo de 0,7%, sendo que no início do trabalho os resultados eram de aproximadamente 7,2%.

As principais causas da variação de padrão de qualidade do produto e do elevado nível de perdas de produto durante a produção foram decorrentes da etapa de forneamento, onde identificou-se que:

- biscoitos queimado e cru com 6,68% de perda representam 92,92% do total das perdas;
- biscoitos quebrados e deformados com 0,35% de perda ou 4,94% do total;
- farelos com 0,15% de perda ou 2,14% do total das perdas.

As principais ações implementadas para tratar as causas das variações de qualidade e de perdas elevadas na produção foram:

- eliminação dos biscoitos do primeiro corte;
- treinamento operacional;
- melhor distribuir os biscoitos sobre as bandejas;
- alterações estruturais no forno, carrinho das bandejas e bandejas, com o objetivo de melhorar a distribuição de calor no interior do forno;
- padronização do processo de forneamento, onde o tempo de assamento ficou definido entre 12 e 15 minutos, a temperatura de abastecimento dos biscoitos no forno foi determinada como devendo estar entre 225 e 230°C e com o abastecimento de uma carga de lenha de aproximadamente 5 kg no momento da retirada do carro da batelada anterior;

As ações de maior resultado nesta evolução foram as que estavam relacionadas com a padronização do processo e com as alterações estruturais no forno, carrinho e bandejas.

Verificou-se que nos processos em batelada trabalha-se com temperaturas mais baixas do que as utilizadas nos processos contínuos (tabela 5, página 31), e por conseqüência o tempo de forneamento é mais longo. Outra constatação importante quando se trata de fornos à lenha é a de que devido à falta de controles automáticos se exige muita atenção do operador, que deve intervir quando necessário de forma a prevenir possíveis desvios.

A produção de biscoitos por processos em batelada utilizando fornos com aquecimento à lenha é uma alternativa econômica para pequenas indústrias, que só não é mais utilizada em virtude da dificuldade de controle do processo. A utilização de outros combustíveis em fornos de biscoitos permite um controle mais fácil, o que não impede que se consigam controlar as condições de forneamento em fornos que utilizam lenha como combustível. Este projeto comprovou que com a utilização de uma carga aproximadamente constante e de um mesmo tipo de lenha é possível padronizar o tempo e temperatura do forneamento.

6 SUGESTÕES

Como sugestão para trabalhos futuros cita-se:

- testar a utilização de carro com capacidade de maior número de bandejas, como originalmente quando comportava 32 bandejas;
- comparar os resultados aplicando-se os procedimentos em outros fornos estáticos com aquecimento à lenha;
- comparar os resultados com os obtidos em fornos estáticos que utilizem outros combustíveis e que permitam controle automático de temperatura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALIBABA. Disponível em: < http://www.alibaba.com/catalog/11131026/Biscuit_Baking_Oven.html > Acesso em: 18 mar. 2007

BLACKPOOL AND THE FYLDE COLLEGE - BFC (An Associate College of Lancaster University). *A short course in biscuit technology*. Blackpool, England: Apostila do curso, 1997.

CAMPOS, Vicente Falconi. *Gerenciamento da rotina do trabalho do dia a dia*. 4ª ed. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1994.

_____. *TQC: Controle da qualidade total (no estilo japonês)*. 2ª ed. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1992.

CASTELLAN, Gilbert. *Fundamentos de Físico-Química*. Tradução de Cristina M. Pereira dos Santos e Roberto de Barros Faria. Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1986.

DELLARETTI FILHO, O.; DRUMOND, F. B. *Itens de controle e avaliação de processos*. 2ª ed. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1994.

FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. *Novo dicionário da língua portuguesa*. 2ª ed. São Paulo: Ed. Nova Fronteira, 1986.

GARCIA, Roberto. *Combustíveis e combustão industrial*. Rio de Janeiro: Ed. Interciência, 2002.

GRANOTEC do Brasil. *Tecnologia de biscoitos, qualidade de farinhas e função de ingredientes*. Curitiba: Apostila do curso, 2000.

INCROPERA, F. P.; DEWITT, D.P. *Fundamentos de transferência de calor e massa*. Tradução Carlos A. Biolchini da Silva. 5ª ed. Rio de Janeiro: LTC Editora, 2003.

IMAFORNI, Disponível em: < http://www.imaforni.it/equipment/ovens.php?codice_label=indirectradiating&briciola=Indirect%20Radiating%20-%20Cyclotherm>. Acesso em: 18 mar. 2007.

ISHIKAWA, Kaoru. *TQC - Total quality control: Estratégia e administração da qualidade*. São Paulo: IMC Internacional Sistemas Educativos, 1986.

JURAN, J. M. *Juran na liderança pela qualidade: um guia para executivos*. Traduzido por João Mário Csillag. 3ª ed. São Paulo: Livraria Pioneira Editora, 1995.

KRESTÓVNIKOV, A. N.; VIGDORÓVICH, V. N. *Termodinamica Quimica*. Tradução de Marcos Navarrete Alegria. Moscou, URSS: Editorial Mir, 1980.

MANLEY, Duncan J.R. *Tecnologia de la industria galletera: Galletas, crackers y otros horneados*. Tradução Mariano Gonzáles Alonso. Zaragoza, España: Editorial Acribia, 1989.

MARTINS, Ricardo Ramos. *Secagem intermitente com fluxo cruzado e altas temperaturas e sua influência na qualidade do trigo duro (Triticum durum L.)*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP - Faculdade de Engenharia Agrícola, Campinas, 1997.

ORTEGA, Angel. *1º curso planejado sobre tecnologia de biscoitos*. [S.l.]: "Up to Date" Cursos e Promoções, Apostila do curso, 1987.

PALADINI, Edson Pacheco. *Qualidade total na prática: implantação e avaliação de sistemas de qualidade total*. São Paulo: Atlas, 1994.

SMITH, W.H. et al. *Biscuits, crackers and cookies: Technology, production and management*. Essex, England: Applied Science Publishers Ltd., 1972. 737 p., v. 1.

TECNOALIMENTOS, equipamentos Imaforni. Disponível em: < <http://www.tecnoalimentos.com.br/fcozi.htm>> Acesso em: 18 mar. 2007.

VITTI, P.; GARCIA, E. E. C.; OLIVEIRA, L. M. de. *Tecnologia de biscoitos: Manual técnico nº 1*. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1988.

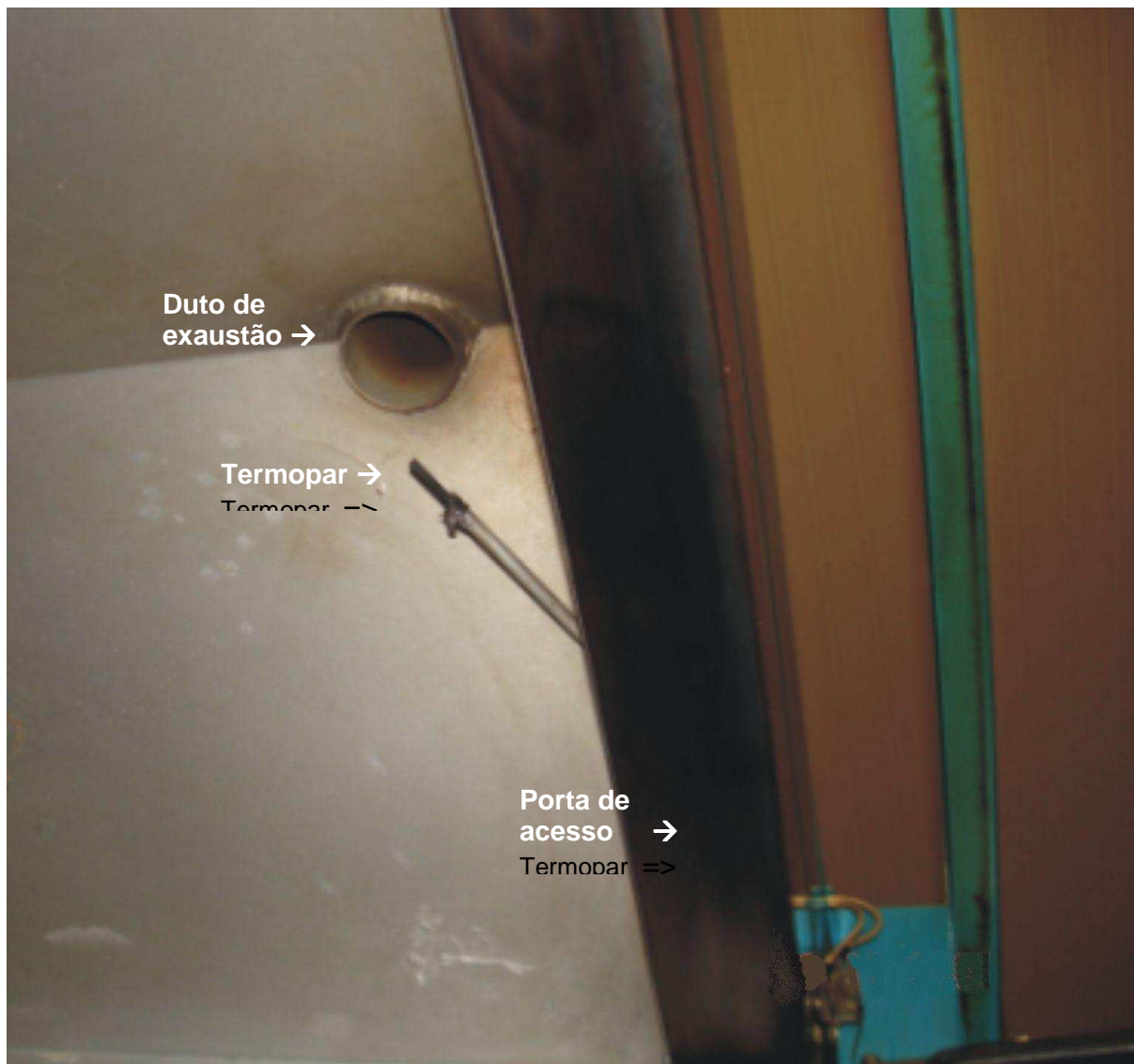
WERKEMA, Maria Cristina Catarino. *As ferramentas da qualidade no gerenciamento de processos* - Série ferramentas da qualidade - Vol. 1. 2ª ed. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1995a.

_____. *Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos* - Série ferramentas da qualidade - Vol. 2. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1995b.

WIKIPÉDIA, enciclopédia livre, *Brainstorming*. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Brainstorming>>. Acesso em: 20 fev. 2007.

ZDS - ZENTRALFACHSULE DER DEUTSCHEN SÜSSWARENWIRTSCHAFT (Central College of the German Confectionery Industry). *Cookie, cracker and biscuit manufacturing*. Solingen-Gräfrath, Germany: Apostila do curso, 2000.

ANEXO A - Termopar



Fonte: registro fotográfico do autor, 2005.

Vista do termopar, instrumento utilizado para medir temperatura, instalado próximo ao teto junto à porta de acesso e abastecimento. Pode-se ver também uma abertura na parte superior do forno (duto de exaustão), que serve para exaustão do vapor e dos gases gerados durante o forneamento.

ANEXO B - Damper



Fonte: registro fotográfico do autor, 2005.

Nesta imagem pode-se observar no duto de saída dos gases (chaminé) que existe uma haste. Esta haste controla um *damper* que permite que a passagem dos gases de combustão esteja aberta, fechada ou em qualquer posição intermediária.

ANEXO C - Carro de bandejas



Fonte: registro fotográfico do autor, 2005.

Nesta imagem pode-se ver o carro onde são colocadas as bandejas e a forma como o forno é abastecido. No fundo do forno aparece o ventilador (turbina) que faz com que haja circulação de ar durante o forneamento.

ANEXO D - Carro no forno



Fonte: registro fotográfico do autor, 2005.

Nesta imagem pode-se ver a prateleira do carro, onde são colocadas as bandejas, já no interior do forno e sem a parte de baixo do carro, utilizada apenas para a movimentação no ambiente.

ANEXO E - Forno contínuo com biscoitos



Fonte: <http://www.alibaba.com>

Nesta imagem pode-se observar a saída de um forno contínuo, onde os biscoitos estão sendo retirados do forno e transferidos para uma esteira de resfriamento.