

# PROPOSIÇÃO DE UM MODELO INTEGRADO PARA A CONCEPÇÃO DE EQUIPAMENTOS PARA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS

**Andrea Cristina do Santos**

UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina; NeDIP- Núcleo de Desenvolvimento Integrado de Produtos; Pós-Graduação em Engenharia Mecânica. Campus Universitário. Florianópolis-SC  
CEP: 88040-900 Caixa Postal: 476. Fone: (48) 331-9719. E-mail:andrea@nedip.ufsc.br.

**Fernando Antonio Forcellini**

UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina; NeDIP- Núcleo de Desenvolvimento Integrado de Produtos; Pós-Graduação em Engenharia Mecânica. Campus Universitário. Florianópolis-SC  
CEP: 88040-900 Caixa Postal: 476. Fone: (48) 331-0171. E-mail:forcellini@emc.ufsc.br.

**Resumo:** *o objetivo deste artigo é apresentar um modelo para concepção de equipamentos para a indústria de alimentos, integrado com o processo de desenvolvimento de um produto alimentício. Desta forma, tem-se o intuito de contribuir tanto para o processo de desenvolvimento destes como para o processo de desenvolvimento de equipamentos. Para lançar novos produtos, a indústria de alimentos necessita inovar os processos de produção. No entanto através de entrevistas em empresas da área constatou-se que as tecnologias de processamento mais elaboradas são desenvolvidas fora do país e repassadas para as empresas através da compra de equipamentos, com restrições de informações. Os equipamentos oferecidos para pequenas e médias empresas, geralmente não atendem as suas necessidades. São inadequados no contexto sócio-econômico e tecnológico, apresentando falhas na operação e manutenção, com escalas e usos inapropriados para alimentos de origem diferente, a exemplo dos compostos apenas por representantes da área mecânica, que possuem uma carência de entendimento dos princípios da ciência básica envolvidos no processamento de alimentos, tais como química e biologia, que ajudam na geração de novos processos e na modificação dos existentes. Diante deste contexto, surgiu a oportunidade de integrar a metodologia de projeto, proposta inicialmente por PAHL & BEITZ (1971) e aprimorada pelo Núcleo de Desenvolvimento Integrado de Produtos (NEDIP) da UFSC, para proposição de um modelo para a concepção de equipamentos para processamento, tornando-o mais completo e integrado com o projeto de produtos alimentícios.*

**Palavras chave:** *desenvolvimento de produtos alimentícios; metodologia de projeto de produtos; equipamentos.*

## 1. INTRODUÇÃO

Os processos de transformação de alimentos “*in natura*” em alimentos processados iniciaram quando o ser humano passou a usar procedimentos para aumentar o tempo de vida útil do alimento, diminuindo a ação dos microrganismos através dos métodos de conservação por salga, cozimento e outros ainda na idade média. Ao longo da história da indústria de alimentos os processos de transformação foram responsáveis pela introdução de novos produtos. Estes causam no alimento mudanças em suas características químicas, físicas, organolépticas e nutricionais, alterando seu padrão de qualidade inicial. Novos processos de transformação podem fornecer “novos produtos” com maior valor agregado, indo de encontro com as necessidades dos consumidores.

A complexidade envolvida para desenvolver novos produtos alimentícios com alto valor agregado exige a interação de diferentes domínios de conhecimentos. Além disso, a atividade de “projeto” exige planejamento, pesquisa, controle e uso de métodos sistemáticos capazes de integrar e otimizar os diferentes aspectos envolvidos.

Pesquisadores como Fuller (1994), Rudolph (1995), Earle (1997) e Penso (2003) dedicaram-se ao estudo de metodologias de desenvolvimento de produtos para indústria de alimentos. Estes modelos apresentam algumas lacunas. Entretanto é salientada a necessidade de “projetar alimentos” de acordo com a necessidade do mercado e existe a preocupação com a engenharia simultânea durante o desenvolvimento.

Modelos de outras áreas de conhecimento vêm sendo estudados ao longo dos anos por muitos grupos de pesquisa. O modelo usado pelo Núcleo de Desenvolvimento Integrado de Produtos (NeDIP) da UFSC, foi adaptado da metodologia de projeto empregada por Pahl & Beitz (1996). O modelo do NeDIP foi usado como base para proposição do modelo, devido seu sucesso no projeto de protótipos de máquina agrícolas. Os modelos da indústria química foram estudados, devido à semelhança com os processos da indústria de alimentos (Coulson & Richardson, 1993; Ulrich 1984; Bisio & Kabel, 1985). O estudo destes salientou já nas fases iniciais do projeto, para os testes em laboratório, devido ao grande número de parâmetros envolvidos no projeto.

O presente trabalho envolve a experiência na sistematização e integração de diferentes domínios de conhecimento para o projeto de um produto alimentício e o seu processo de transformação. Este está inserido em um trabalho maior, que é um modelo de referência para o processo de desenvolvimento de produtos alimentícios (PDPA), com ênfase no projeto do processo.

## 2. O MODELO DE REFERÊNCIA PARA CONCEPÇÃO DE EQUIPAMENTOS PARA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS

O modelo está estruturado em três níveis: as fases, o primeiro nível de desdobramento, representam as missões principais a serem desenvolvidas pela equipe de projeto; as atividades, um segundo nível de desdobramento, correspondente as principais ações realizáveis na busca de soluções mais adequadas; as tarefas, terceiro nível de desdobramento, correspondente as ações específicas a serem desenvolvidas pela equipe de projeto.

Baseado no modelo do NeDIP, a fase de desenvolvimento, domínio de conhecimento do projeto de engenharia, pode ser desdobrada em quatro fases: Projeto Informacional, Projeto Conceitual, Projeto Preliminar e Projeto Detalhado. Na fase de projeto informacional a idéia do produto será traduzida da linguagem de mercado para o ambiente tecnológico do projeto, onde são geradas as especificações de projeto. O projeto conceitual pode ser considerado a fase mais importante do projeto, pois as decisões tomadas nesta etapa influenciam os resultados das fases seguintes. No final dessa fase tem-se a concepção do alimento (sua formulação) e a concepção do equipamento para transformá-lo, que representa a solução através de um sistema técnico. A figura 1 ilustra as fases do modelo para o processo de desenvolvimento de produtos e equipamentos para indústria de alimentos.

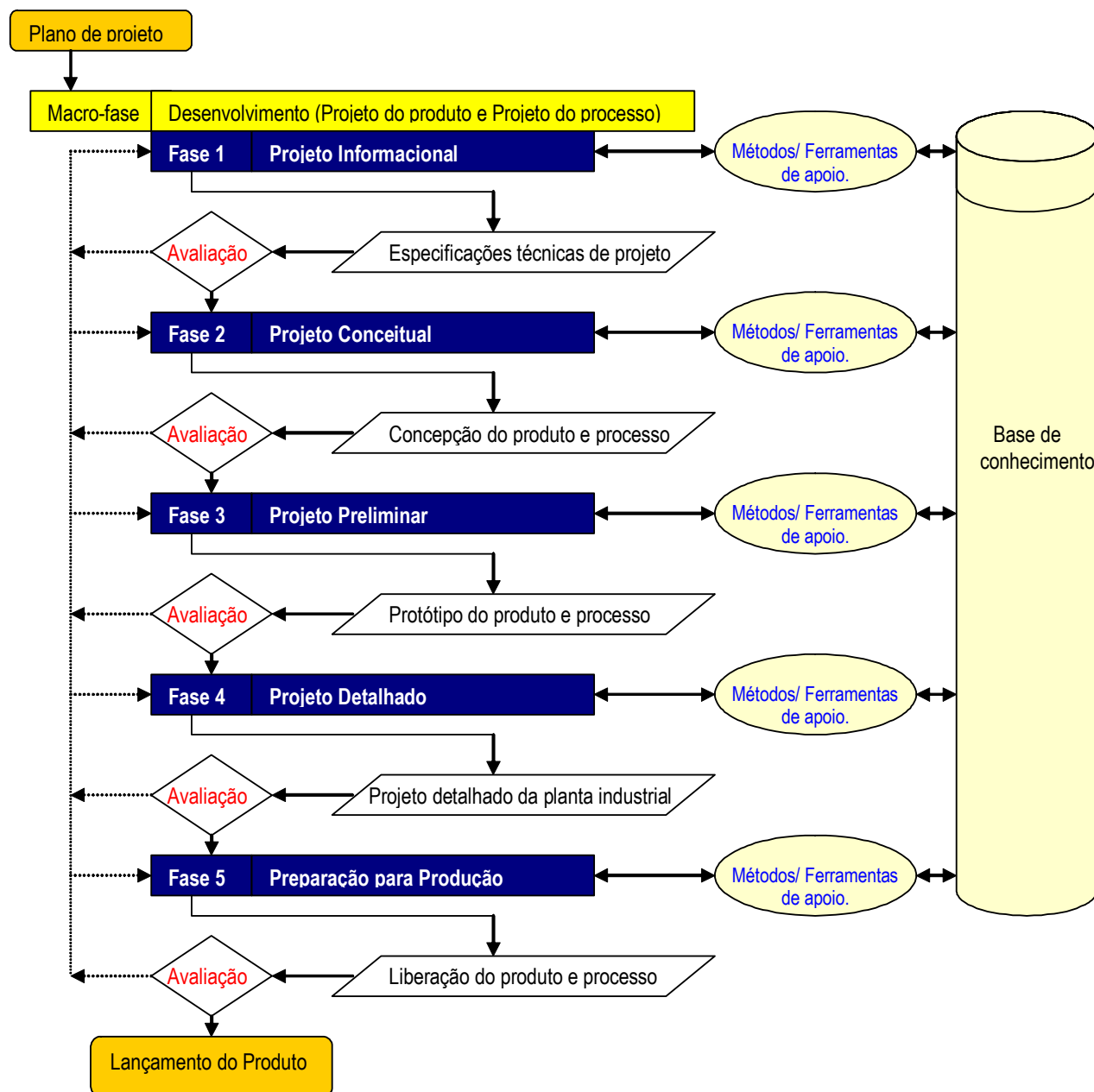


Figura 1- Modelo para o processo de desenvolvimento de produtos e equipamentos para indústria de alimentos.

## 2.1 Fase de Projeto Informacional

O objetivo da fase de projeto informacional é a geração das especificações técnicas de projeto. Para isso necessita-se entender qual é o problema de projeto, quem são os clientes, quais suas necessidades, quais os requisitos e as restrições de projeto para produzir o produto.

O principal método utilizado nesta fase é o Desdobramento da Função Qualidade (QFD). A partir da primeira matriz do QFD a "casa da qualidade" é elaborada a segunda matriz do QFD para geração das especificações técnicas do processo. A primeira matriz também pode ser desdobrada para geração das especificações técnicas das matérias primas, ingredientes e embalagem. A figura 2 ilustra o fluxograma geral da fase de projeto informacional. A figura 3 ilustra a fase de projeto informacional desdobrada em atividades e suas principais ferramentas.

Entretanto, para a utilização do método QFD necessita-se o auxílio do emprego de outros métodos e ferramentas como a espiral do desenvolvimento, a matriz de atributos, técnicas de análise sensorial e projeto de experimentos.

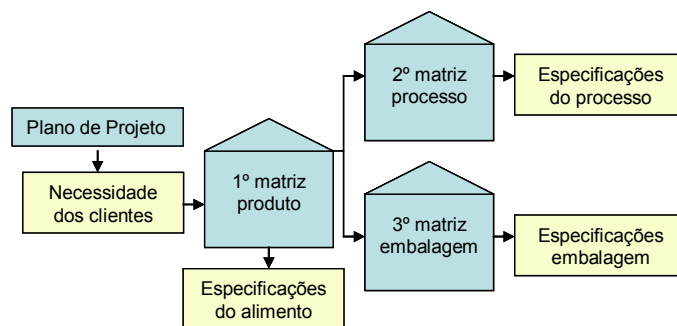


Figura 2 – Fluxograma geral da fase de projeto informacional

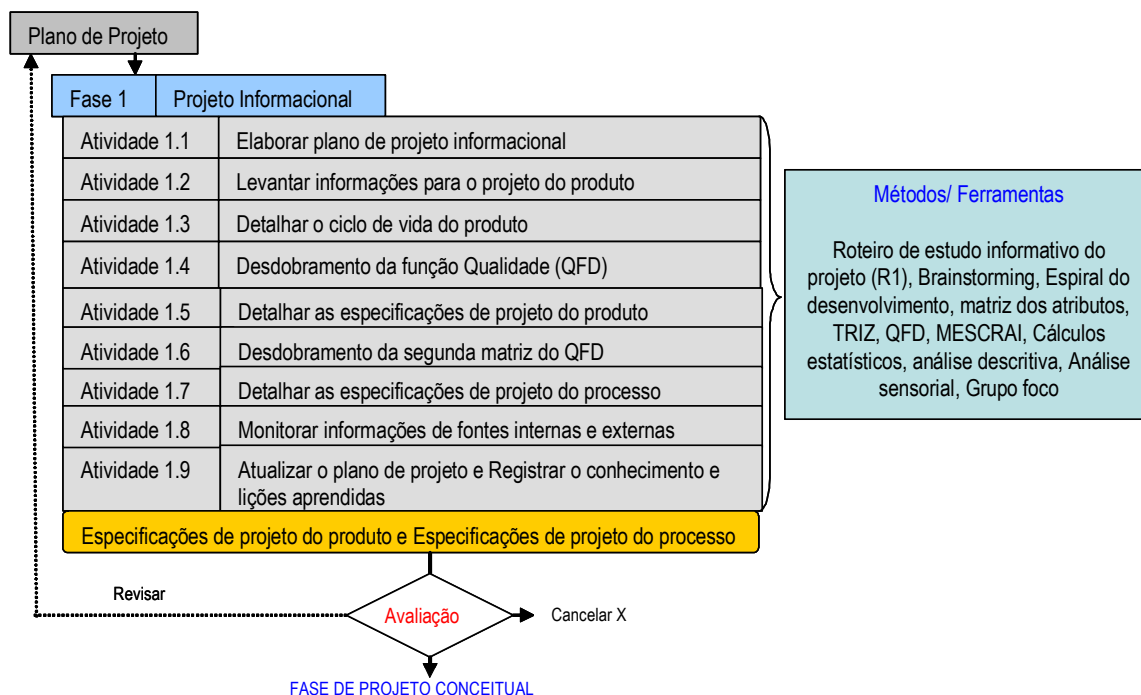


Figura 3 – Fase de projeto informacional

A espiral do desenvolvimento foi proposta inicialmente por Fonseca (2000) para levantamento das necessidades dos clientes ao longo do ciclo de vida do produto, auxiliando no levantamento das necessidades para as matrizes do QFD. A figura 4 ilustra a adaptação da espiral do desenvolvimento para um produto alimentício.

A matriz dos atributos é uma ferramenta para auxiliar na elaboração dos atributos a partir das necessidades dos clientes. Consistem em correlacionar em uma matriz, as necessidades identificadas através da espiral do desenvolvimento e os atributos que permitem satisfazer estas necessidades. Estes podem ser expressos na forma qualitativa ou quantitativa, dependendo de sua natureza ou grau de abstração das informações no momento da aplicação da matriz (Fonseca, 2000; Penso, 2003). A figura 5 ilustra um exemplo de uma matriz de atributos para um produto alimentício.

O painel de consumidores é uma técnica que pode ser aprimorada através de grupo foco, cuja principal função é determinar as reações dos consumidores em relação aos produtos. Esta técnica pode estar associada aos métodos de análise sensorial. Os métodos de análise sensorial podem determinar a aceitabilidade e a qualidade dos alimentos, com o auxílio dos órgãos humanos dos sentidos, visão, gustação, audição e sensibilidade cutânea, os dados coletados sofrem tratamento estatístico e formulação de hipóteses. O projeto de experimentos é uma técnica da qual se pode avaliar os fatores que influenciam significativamente sobre uma determinada resposta, bem como os efeitos de interação (efeitos cruzados) entre as variáveis. Estas ferramentas auxiliam principalmente

no levantamento das informações necessárias para o preenchimento das matrizes do QFD e no preenchimento das especificações de projeto.

Nesta fase são realizados os primeiros testes de laboratório para nova formulação do produto indispensável, com o objetivo de identificar os parâmetros reológicos do produto, para controle no futuro equipamento.

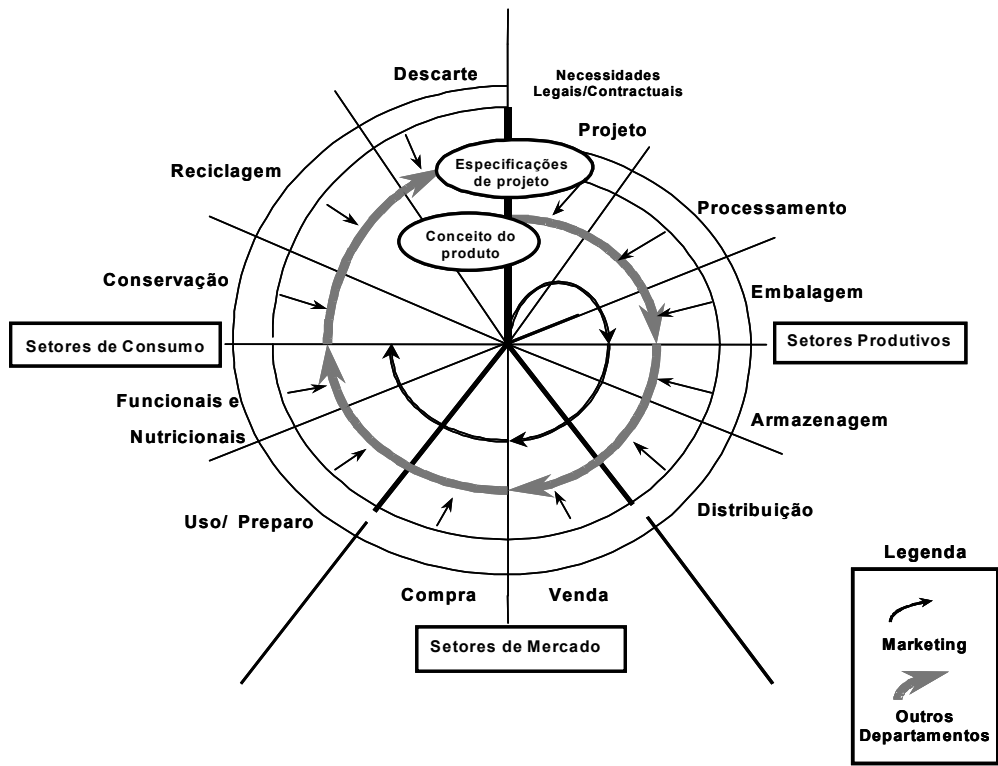


Figura 4 – Espiral do desenvolvimento. Fonte: adaptado de Fonseca (2000)

	Atributos										
Necessidades	Forma	Peso	Cor	Sabor	Textura	Aparência	Materiais	Custo	Preço	Praticidade	Validade
Legais											
Processamento											
Embalagem											
Armazenagem											
Distribuição											
Venda											
Compra											
Uso/preparo											
Funcionais/nutricionais											
Conservação											
Reciclagem											
Descarte											

Figura 5- Matriz de atributos de um produto alimentício. Fonte: adaptado de Penso (2003).

### 4.2 Fase de Projeto Conceitual

A fase de projeto conceitual destina-se ao desenvolvimento da formulação do alimento e a concepção do equipamento para a transformação do alimento. Elabora-se a declaração para o alimento a partir da geração de idéias para os elementos que compõem um produto alimentício que

foi gerado com base nas especificações de projeto, no conceito para o produto (alimento) e no conceito do processo. A figura 6 ilustra o desdobramento da fase de projeto conceitual. As atividades 2.3 e 2.4 podem ocorrer em paralelamente ou simultaneamente dependendo da complexidade do produto em desenvolvimento.

A declaração para o produto é uma expressão escrita em detalhes suficientes em relação aos elementos que compõem o produto. Os elementos de um produto alimentício são formulação, processo e a embalagem. Estes elementos podem ser desdobrados, conforme ilustra o quadro 1.

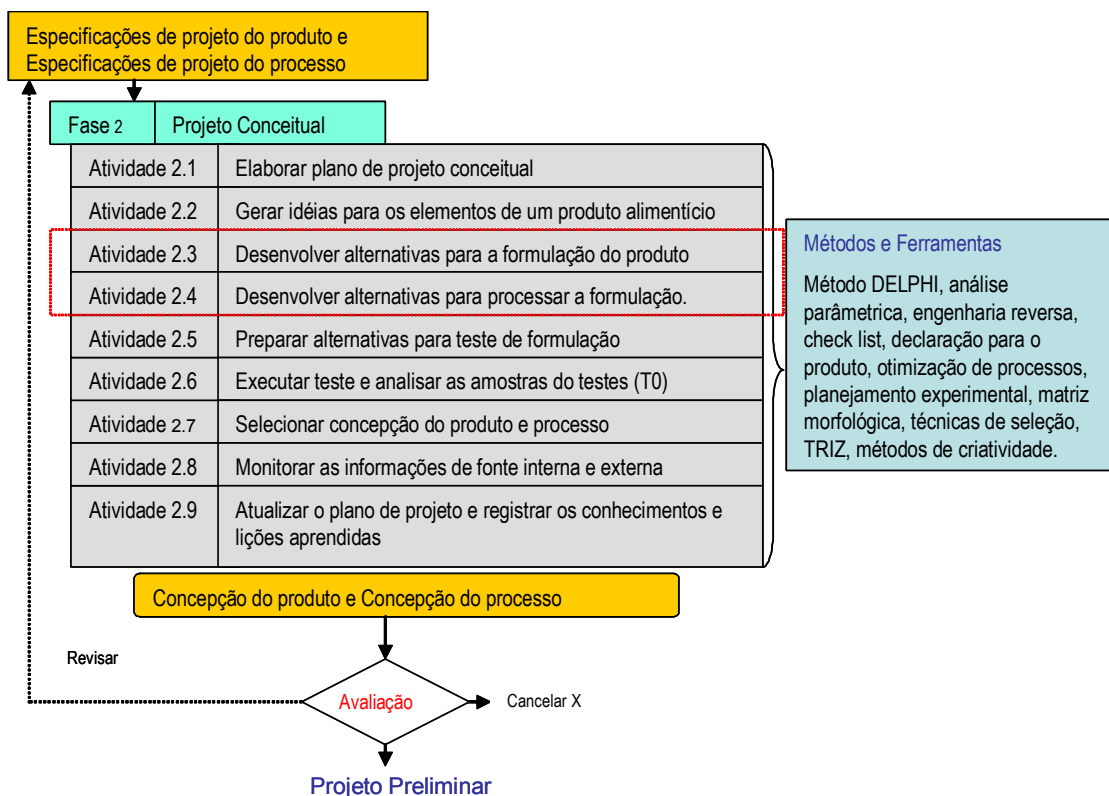


Figura 6 – Fase de projeto conceitual

Quadro 1 – Desdobramento dos elementos de um produto alimentício.

<i>Formulação</i>	<i>Formulação básica, matérias primas, ingredientes e aditivos.</i>
<i>Processo</i>	<i>Funções principais, funções parciais e elementares, princípios de solução e operações unitárias.</i>
<i>Embalagem</i>	<i>Funções Principais e mercadológicas</i>

A formulação do alimento refere-se a um sistema químico, físico e microbiológico (sistema composto) que pode ser desdobrado em formulação básica, ingredientes e aditivos de fabricação.

O processo de produção é conduzido ou desempenhado com ajuda de sistemas técnicos. Os sistemas técnicos são constituídos de subsistemas e componentes relacionados entre si, como meio ambiente e demais sistemas técnicos. Sob esta estrutura processam grandezas do tipo material, energia e sinal. Desta forma, para transformar a formulação básica em produto acabado, é necessário um sistema técnico complexo, elaborado a partir da necessidade de transformação do produto. O quadro 2 apresenta os desdobramentos das principais funções básicas do processo de transformação de alimentos até o nível de princípios de solução encontrados na literatura de operações unitárias. A figura 7 ilustra um exemplo da ferramenta de declaração para o produto.

Através da geração de idéias para a formulação básica e para as alternativas para o processo de produção é possível combinar diferentes soluções na matriz morfológica do produto/processo e gerar várias alternativas de concepção.

O método da matriz morfológica consiste numa pesquisa sistemática de diferentes combinações de elementos ou parâmetros, com o objetivo de encontrar uma nova solução para o problema. Consiste nos seguintes passos: Determinação da sequência de funções de processo; preenchimento da primeira coluna da matriz com a sequência de funções; busca de princípios de soluções alternativos para cada função. Para cada linha buscam-se soluções que podem ser o resultado de um levantamento da literatura, utilizando mecanismos de outras máquinas ou então soluções criadas usando métodos intuitivos como *brainstorming*. Uma vez construída a matriz morfológica procura-se estabelecer combinações adotando um princípio de solução das demais linhas. Desta forma pode-se gerar um número elevado de concepções alternativas. O quinto e último passo é avaliação e seleção das concepções. O quadro 3 ilustra um exemplo de uma matriz morfológica elaborado a partir do exemplo iniciado na ferramenta de declaração do produto.

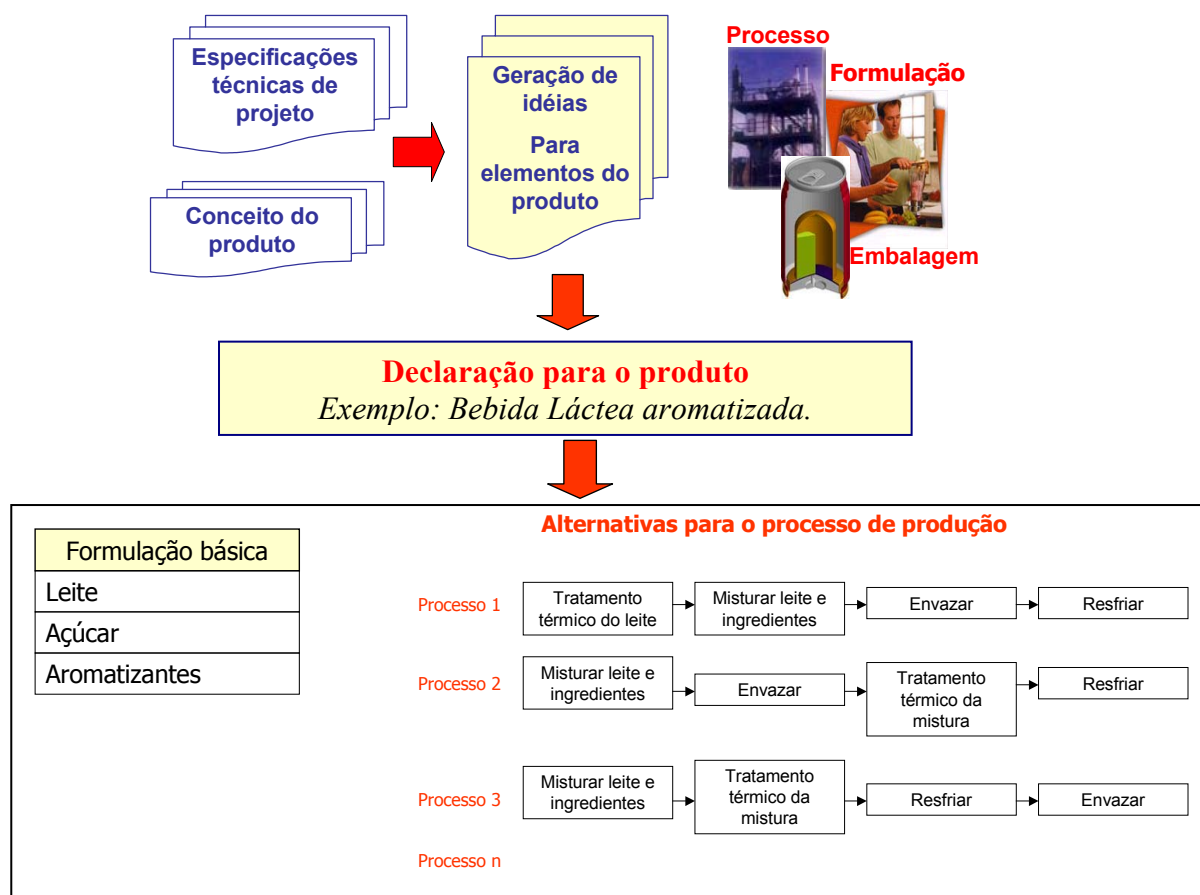


Figura 7 – Exemplo para declaração do produto

Outros métodos e ferramentas podem ser utilizados, como por exemplo, o método de análise de valor. A base do método da engenharia de valor é a identificação das funções do produto/processo e a determinação do grau de importância para cada um, sob a ótica do consumidor, o valor agregado.

Através da metodologia de Análise de Valor pode-se obter a Taxa de Valor Agregado (TVA) de um processo, que pode ser sobre o tempo para executar a atividade ou sobre o custo da atividade.

Montando-se uma matriz de relação entre as atividades do processo produtivo e o custo ou tempo de cada atividade, para as diferentes “concepções de produção”, pode-se obter diferentes TVA para processo, que pode auxiliar na seleção das diferentes concepções de produção (sistemas de manufatura diferentes), durante o projeto do processo.

Quadro 2 - Desdobramentos das funções básicas até os princípios de soluções.

Função Básica	Função Parcial/elementar	Princípios de soluções	Operações unitárias
Separação	Classificação Limpeza Seleção Eliminação Concentração	Peneiramento, Descascamento Filtração, Extração usando solvente Tecnologia de membranas Desidratação, Evaporação Extração usando solvente Congelamento, Tratamento térmico Tratamento químico Cristalização Centrifugação, Prensagem	Peneiramento, descascamento, centrifugação, filtração, tecnologia de membranas (microfiltração, ultrafiltração, nanofiltração, osmose reversa), concentração por membrana, desidratação, evaporação, destilação, concentração (por sólidos, por tratamento térmico, por refrigeração) Sedimentação, Destilação, Absorção, Extrusão líquido-líquido, Lixiviação
Mistura	Mistura de sólidos Mistura de líquidos Mistura de sólidos e líquidos	Adição de ingredientes Misturadores, Agitadores, Tratamento térmico, Condições de temperatura e pressão	Emulsificantes, emulsificação usando mixers, misturadores para sólidos, misturadores para líquidos.
Preservação	Tratamento térmico Adição de sólidos Desidratação Separação Mistura Tratamento químico Proteção externa	Secagem Desidratação osmótica, pasteurização, irradiação, branqueamento, embalagem em atmosfera modificada, congelamento, resfriamento, secagem a frio, cozimento, fermentação, pulso elétrico, alta pressão hidrostática, pulso de luz, ultra som, aquecimento ôhmico e outros Tecnologias de embalagem	Esterilização Pasteurização Congelamento Refrigeração Evaporação Secagem Fermentação Atmosfera controlada Irradiação
Transformação	Com Mudanças na composição Através da mudança da composição Redução da medida	Adição de microorganismos Tratamento térmico, Adição de sólidos Assar, tostar e fritar. Misturar Tratamento térmico	Moagem, Misturas Moldagem, Gelificação Extrusão, Emulsificação Tecnologias das enzimas Fermentações, Cozimento, Floculação, Homogeneização

Quadro 3 – Exemplo de matriz morfológica

Formulação Básica	Ingredientes, matérias, primas, aditivos e outros				
Leite	Integral	Desnatado	Semi-desnatado	pó	soro
Açúcar	líquido	cristal	frutas		
Aromatizantes	Cacau	chocolate	Frutas frescas	aroma	
Processo 1	Princípios de solução e operações unitárias				
Tratamento térmico do leite mais ingredientes	Esterilizar	Pasteurizar	Irradiar	Congelar	
Misturar ingredientes	Mixer	Emulsificantes	Misturador p7 sólidos	Misturador p/ líquidos	
Emballar	vidro	Polipropileno	Cartonado		
Resfriar	imersão	Túnel de resfriamento	Trocador a placas	Tanque de resfriamento	

## CONCLUSÕES

O presente trabalho envolve a experiência na sistematização e integração de diferentes domínios de conhecimento para o projeto de produtos alimentícios. O resultado está baseado na integração dos conhecimentos para projetar um novo processo de transformação. O trabalho contribui como referencial teórico, cuja complexidade e o conteúdo ainda não são totalmente conhecidos de forma integrada e sistematizada. Ainda que os modelos estudados da literatura apresentem algumas deficiências, contribuíram com aprimoramento da proposta de trabalho com indicação de métodos e ferramentas para execução das atividades e tarefas.



As adaptações dos métodos e ferramentas para utilização na área de alimentos foram realizadas após um estudo minucioso, de forma que as mesmas completassem e pudessem ser utilizadas em diferentes tipos de projetos. Procurou-se durante o estudo, visualizar sua aplicação prática, sendo que em alguns casos, chegou-se a conclusão que existia a necessidade de modificação da ferramenta. Como exemplo, a declaração para o produto foi elaborada a partir do método da função síntese, em virtude do alimento não ser um sistema mecânico e sim um sistema físico-químico e microbiológico. Porém seu processo de transformação pode ser realizado através de sistemas mecânicos, onde foi então possível a modificação do método. O emprego deste modelo para a concepção de equipamentos para processamento de alimentos é o primeiro passo para modificar a falta de estudos nesta área. Além disso, este trabalho faz parte de um trabalho maior intitulado "Modelo de Referência para o Processo de Desenvolvimento de Produtos Alimentícios com ênfase no Projeto do Processo", desenvolvido pelos autores.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao curso de pós-graduação em Engenharia Mecânica da UFSC, ao programas CAPES, FINEP e as empresas que participaram da pesquisa.

## **REFERÊNCIAS**

- Bisio, A. & Kabel, R.L, 1985, "Scaleup of chemical process conversion from laboratory scale tests to successful commercial size design", New York, Wiley-Interscience.
- Coulson, J. F & Richardson, J. F, 1993, "Chemical engineering", Second edition, Oxford: Pergamon, v.6, p. 1-29.
- Earle, M.D, 1997, "Changes in the food product development process", Trends in food Science & Tecnology , vol. 8, p. 19-24 , January.
- Fonseca, A. J. H, 2000, "Sistematização do processo de obtenção das especificações de projetos de produtos industriais e sua implementação computacional", Florianópolis, 180 f. Tese de Doutorado, Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina.
- Fuller, W. G, 1994, "New food product development: from concept to marketplace", Florida, CRC Press LLC.
- Pahl, G.; Beitz, W, 1996, "Engineering design: a systematic approach", 2nd ed. London: Springer Verlag.
- Penso, C. C., 2003, "Modelo de referência para o processo de desenvolvimento de produtos na indústria de alimentos", Florianópolis, 180 f., Dissertação de Mestrado Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina.
- Rudolph, J. M., 1995, "The food product development process", British Food Journal, Vol. 97, n 3, pp. 3-11.
- Ulrich, G. D., 1984, "A Guide to chemical engineering process design and economics", New York: J. Wiley.

# PROPOSAL OF INTEGRATED MODEL FOR MACHINE CONCEPTION FOR FOOD INDUSTRY

**Andrea Cristina do Santos**

UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina; NeDIP- Núcleo de Desenvolvimento Integrado de Produtos; Pós-Graduação em Engenharia Mecânica. Campus Universitário. Florianópolis-SC  
CEP: 88040-900 Caixa Postal: 476. Fone: (48) 331-9719. E-mail:andrea@nedip.ufsc.br.

**Fernando Antonio Forcellini**

UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina; NeDIP- Núcleo de Desenvolvimento Integrado de Produtos; Pós-Graduação em Engenharia Mecânica. Campus Universitário. Florianópolis-SC  
CEP: 88040-900 Caixa Postal: 476. Fone: (48) 331-9719. E-mail:forcellini@emc.ufsc.br.

**Abstract:** *The objective of this article is to show a machine conception model for the food industry integrated with the food product development process. It is necessary for the food industry make some changes in its the production process in order to launch new products. Nowadays, investigation in food manufacturing shows that the technologies used have been developed in others countries. The offered equipments have been inadequate to the socio-economic and technological context because of its high investments, operational and maintenance costs, high technological level, inappropriate scale and/or their technological features that are not appropriate to specifics products to tropical and sub-tropical countries. Small designers teams were set up to work on design project, but most members had a background only mechanics while they should also possess skills in management, agronomy, agro-food process engineering. Consequently, they biased to rapidly generate prototypes based on engineering principles that they know. These prototypes often failed because of insufficient consideration of the other factors that need to be taken in account in design process, and lack of knowledge of the specificity of agro-food products. According to this context, the opportunity of applying the design methodology proposed initially by Pahl & Beitz (1971) and refined by Núcleo de Desenvolvimento Integrado de Produto (NeDIP) from UFSC. This way, the model proposed for conception of equipment of food industry equipment has become more complete and integrated with the food product design.*

**Keywords:** *food product development, methodology product design, equipment*