

# SISTEMATIZAÇÃO DO REPROJETO CONCEITUAL DE PRODUTOS PARA O MEIO AMBIENTE

**Antônio Carlos Peixoto Bitencourt**

Universidade Federal de Santa Catarina  
acpb@nedip.ufsc.br

**André Ogliari**

Universidade Federal de Santa Catarina  
ogliari@emc.ufsc.br

**Fernando Antônio Forcellini**

Universidade Federal de Santa Catarina  
forcellini@emc.ufsc.br

**Resumo:** O presente artigo apresenta uma metodologia de reprojeto para o meio ambiente, denominada de RePMA, destacando a fase de modificações na concepção do produto, denominada de reprojeto conceitual. O processo de reprojeto, segundo a RePMA, consiste de quatro fases: reprojeto informacional, conceitual, preliminar e detalhado. O andamento deste processo depende do nível de reprojeto adotado, que pode ser: original, adaptativo ou paramétrico. Este artigo apresenta o reprojeto conceitual, primeira fase do reprojeto original, na qual procura-se fazer modificações na concepção do produto. Estas modificações podem ser na estrutura funcional ou nos princípios de solução. Estas formas de modificações são as que possibilitam mudanças mais fundamentais, como por exemplo, agrupamento funcional, inclusão ou exclusão de funções, mudança em princípios de solução, entre outras. Na RePMA apresenta-se um conjunto de orientações para a inclusão da questão ambiental em métodos de suporte às atividades de reprojeto conceitual, tais como: síntese funcional, matriz morfológica e matriz de avaliação de Pugh. Ao final deste artigo, apresentar-se-á a aplicação do reprojeto conceitual na melhoria de uma cafeteira elétrica.

**Palavras chave:** projeto para o meio ambiente, reprojeto de produtos, metodologia de projeto.

## 1. Introdução

Atualmente a preocupação ambiental perpassa todas as atividades humanas. Os governos estão adotando legislações ambientais mais rigorosas. Os cidadãos, por outro lado, estão começando exigir produtos e processos com menor impacto ambiental. Estas novas posturas constituem um conjunto de pressões que têm levado as empresas a melhorarem ambientalmente seus processos e produtos, apresentando o diferencial ambiental como mais um elemento de competitividade.

O presente trabalho trata da apresentação de uma metodologia de reprojeto de produtos para o meio ambiente, denominada de RePMA e, em particular, o detalhamento da fase de reprojeto conceitual. O propósito da RePMA é suportar o processo de reprojeto com o objetivo de prover ao produto um diferencial ambiental através da redução do impacto ambiental em seu ciclo de vida. A fase de reprojeto conceitual, por sua vez, compreende a melhoria ambiental através de modificações na concepção do produto.

## 2. RePMA – metodologia de reprojeto para o meio ambiente

A RePMA caracteriza-se como uma metodologia de natureza prescritiva [1], pois prescreve um conjunto de orientações e métodos que auxiliam a equipe de reprojeto nas suas atividades de análise, síntese e avaliação.

Com relação à consideração da demanda ambiental, a RePMA é classificada como uma abordagem que trata sobre todo o ciclo de vida do produto [2], pois incorpora elementos (orientações e métodos) que tratam sobre o impacto ambiental, desde a produção até o descarte. Estes

elementos viabilizam maiores oportunidades de ganhos ambientais, pois as melhorias não se restringirão a uma característica ou fase do ciclo de vida do produto.

A estrutura geral da RePMA é apresentada na Figura 1. A elaboração desta estrutura baseou-se:

- num modelo de consenso para o processo de projeto, elaborado da análise de diferentes metodologias de projeto [3]. Este modelo apresenta o processo de projeto em quatro fases: projeto informacional, conceitual, preliminar e detalhado;
- nas diretrizes para o desenvolvimento de metodologias de projeto [4]. Dentre estas, pode-se destacar as orientações para representar a metodologia através de fluxograma e para desdobrar as fases da metodologia em etapas e tarefas; e
- na consideração de que existem diferentes níveis de reprojeto: original, adaptativo e paramétrico [5].

A atividade inicial prescrita na RePMA consiste em determinar a realização do reprojeto. Para se determinar a realização do reprojeto confronta-se as estratégias ambientais da empresa com as prioridades de mudanças para a melhoria ambiental do produto. Verifica-se, então, se estas prioridades são compatíveis com as estratégias da empresa. Caso sejam compatíveis, a equipe de reprojeto tem garantia de que a melhoria do produto em termos ambientais pertence às estratégias da empresa.

Desta forma, a equipe de reprojeto terá um indicativo de que os investimentos necessários à melhoria ambiental do produto serão suportados pela gerência. Caso contrário não se tem garantia de apoio para a realização do reprojeto para o meio ambiente.

Uma vez decidido pela realização do reprojeto do

produto, segue-se para a primeira fase prescrita na RePMA. As fases da RePMA são apresentadas nos itens subsequentes.

### 2.1. Reprojeto informacional

Esta fase tem características semelhantes à fase de esclarecimento da tarefa de projeto proposta por Pahl e Beitz [6]. Compreende o conjunto de atividades necessárias à aquisição e ao tratamento das informações disponíveis sobre o produto.

Esta fase compreende as atividades que iniciam com aquisição das informações relacionadas ao produto e concluem com a definição do nível de reprojeto e a elaboração das especificações para o reprojeto. Nesta fase, a RePMA prescreve métodos, como uma abordagem

simplificada da análise do ciclo de vida (ACV-simplificada), para suportar a elaboração de requisitos ambientais. Também propõe um método de determinação do nível de reprojeto mais adequado a redução do impacto ambiental do produto.

Com os resultados desta fase (nível de reprojeto e especificações) o processo de reprojeto segue de acordo o nível de reprojeto escolhido:

- No reprojeto original segue-se para a fase de reprojeto conceitual;
- No reprojeto adaptativo segue-se para a fase de reprojeto preliminar;
- No reprojeto paramétrico segue-se para a fase de reprojeto detalhado.

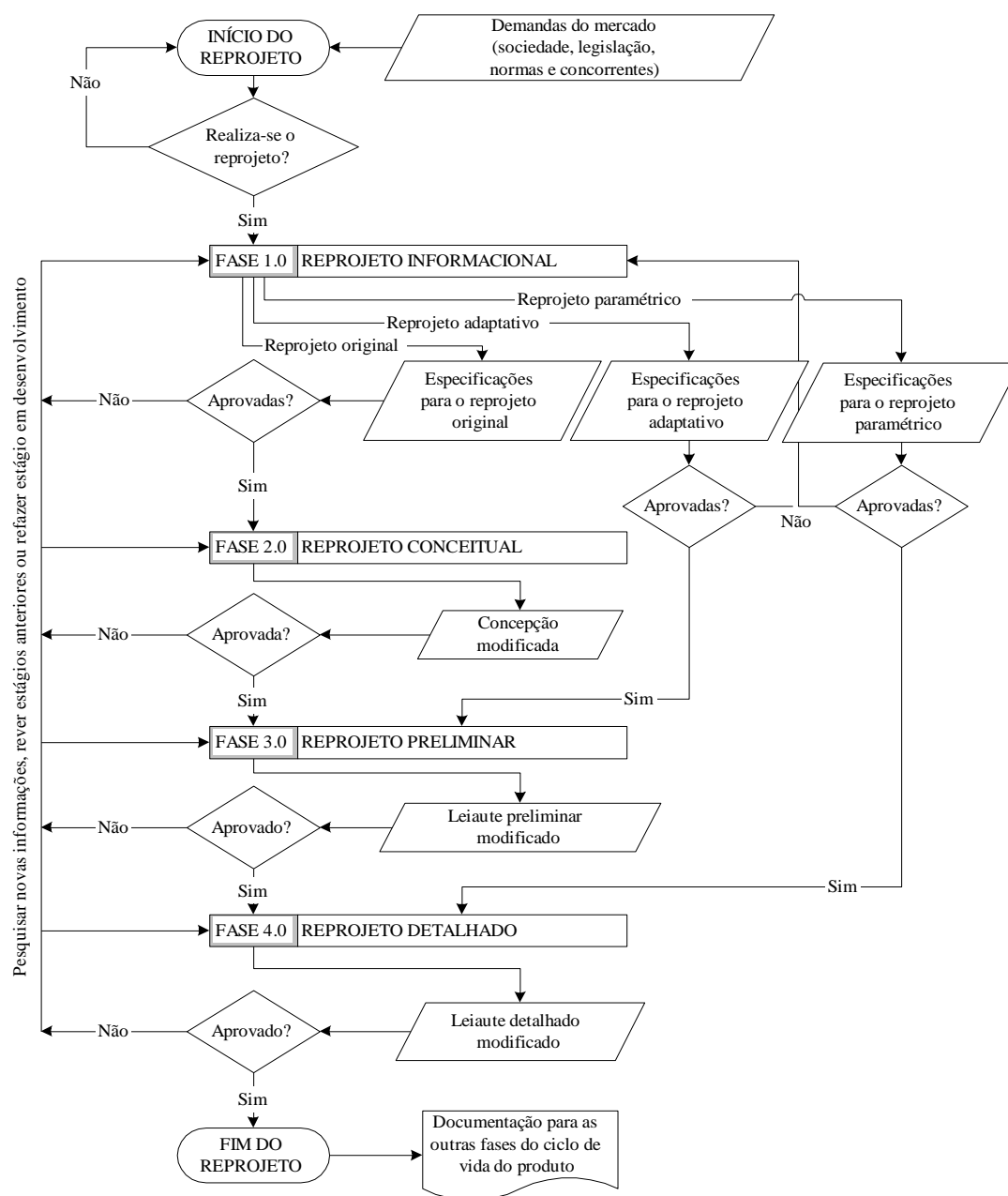


Figura 1 – Representação esquemática da RePMA

## 2.2. Reprojeto conceitual

O reprojeto conceitual corresponde a primeira fase de um reprojeto original. Nesta fase procura-se fazer modificações na concepção do produto. Estas modificações podem ser na estrutura funcional ou nos princípios de solução. Estas formas de modificações são as que podem possibilitar mudanças mais fundamentais no produto, como por exemplo: agrupamento funcional, inclusão ou exclusão de funções, mudança em princípios de solução, entre outras. O detalhamento desta fase, objetivo principal deste artigo, será apresentado no item 3.

Ao final desta fase seleciona-se a concepção modificada que melhor atenda os critérios técnicos, ambientais e econômicos.

## 2.3. Reprojeto preliminar e detalhado

De posse da concepção modificada do produto, ou no caso do reprojeto adaptativo, segue-se para a fase de reprojeto preliminar, na qual se prescreve a realização de modificações no leiaute do produto. Estas mudanças são implementadas segundo as especialidades de projeto (projeto para a reciclagem, para o reuso, para a manutenibilidade, entre outras) mais adequadas à redução do impacto ambiental do produto. Ao final desta fase obtém-se o leiaute preliminar modificado do produto.

A próxima fase é o reprojeto detalhado, que inicia com o leiaute preliminar modificado do produto ou com a opção pelo reprojeto paramétrico. No primeiro caso deve-se fazer o detalhamento do leiaute preliminar e no segundo procura-se recuperar o leiaute detalhado do produto.

A partir do leiaute detalhado realiza-se uma otimização dos parâmetros de engenharia que possibilitem um maior ganho ambiental. Verifica-se, então, o ganho ambiental obtido em relação ao produto original. Caso os ganhos sejam satisfatórios propõem-se a construção de protótipos para testes ambientais e funcionais.

Ao final desta fase elabora-se um conjunto de documentos que auxiliará na produção do produto. Também, pode-se optar pela elaboração de outros documentos que orientem a redução do impacto ambiental nas outras fases do ciclo de vida do produto, por exemplo: plano de reciclagem, plano de reutilização, entre outros.

## 3. Fase do reprojeto conceitual

Neste item, apresenta-se o detalhamento da fase de reprojeto conceitual, como apresentado na Figura 2.

Uma vez optado pela realização do reprojeto original e de posse das especificações para o reprojeto, procura-se fazer modificações na concepção do produto.

Estas mudanças são realizadas através de atividades de análise, síntese e avaliação, tanto na estrutura funcional quanto nos princípios de solução. Na RePMA estas atividades são direcionadas às modificações que possam proporcionar redução no impacto ambiental do produto.

Os itens a seguir apresentam o desdobramento do reprojeto conceitual em etapas.

### 3.1. Etapa 2.1. Recuperação e avaliação da concepção do produto

Esta etapa consiste basicamente de duas tarefas. A primeira tarefa corresponde à recuperação da concepção do produto, que é suportada pelo método do inverso da síntese funcional. A concepção do produto é descrita através da estrutura funcional e morfológica.

A primeira descrição é o conjunto de funções do produto estruturadas segundo os fluxos de matéria, energia e informação entre elas. A segunda descrição corresponde ao conjunto de princípios de solução (PSs) que atendem a estrutura funcional do produto.

A segunda tarefa corresponde à avaliação da concepção do produto. Esta avaliação consiste da confrontação entre a concepção e os requisitos de reprojeto. Este relacionamento auxilia na elaboração de uma hierarquização dos PSs/funções segundo a necessidade de melhoria.

Como suporte a esta tarefa prescreve-se a matriz de avaliação da concepção original do produto.

### 3.2. Etapa 2.2. Estabelecimento e seleção da estrutura funcional modificada

Esta etapa corresponde às atividades de modificações na estrutura funcional do produto. A maior dificuldade nesta etapa consiste em considerar a demanda ambiental num contexto abstrato, característico da descrição funcional. Por outro lado, é a etapa que a equipe de reprojeto possui maior liberdade de modificações no produto, pois estas são realizadas abstraíndo-se dos PSs.

A primeira tarefa desta etapa é avaliar as influências das funções do produto no seu impacto ambiental. Deve-se atentar que as principais influências das funções no impacto ambiental ocorrem na fase de uso do produto, portanto procura-se identificar as funções que influenciam no consumo e emissão de recursos nesta fase.

Os resultados desta avaliação são organizados segundo a Tabela 1, na qual preenche-se o consumo e emissão de matéria e energia do produto relacionado a cada função.

Tabela 1 – Quadro de avaliação ambiental das funções

| Função | Consumo  |         | Emissão  |         |
|--------|----------|---------|----------|---------|
|        | Material | Energia | Material | Energia |
|        |          |         |          |         |
|        |          |         |          |         |

As informações contidas na Tabela 1 e a hierarquização realizada na Etapa 2.1 servem de suporte as atividades da próxima tarefa que é propor alterações na estrutura funcional. Estas alterações correspondem à geração de alternativas funcionais para o produto. Estas alterações devem ser direcionadas à redução do impacto ambiental e ao atendimento das outras necessidades dos clientes.

A equipe de reprojeto deve gerar alternativas à estrutura funcional através de operações com as funções, tais como inserir, suprimir, agrupar, desagrupar, entre

outras. Por exemplo, nos televisores modernos incluindo-se a função *Desligar automaticamente o aparelho* depois de um determinado tempo, proporciona-se uma economia de energia.

As alterações na estrutura funcional são atividades de síntese, com o objetivo de gerar alternativas à estrutura funcional. Nesta geração, a equipe de reprojeto deve ter como base às informações contidas na Tabela 1, juntamente com os seguintes questionamentos:

- Existe possibilidade de reduzir o consumo de alguma função através da inclusão ou supressão de funções?
- Existe possibilidade reduzir a emissão de alguma função através da inclusão ou supressão de funções?
- As funções com alta importância podem ser agrupadas em módulos funcionais com possibilidade de reuso no fim do ciclo de vida do produto?
- Quais as alternativas possíveis para as funções melhores colocadas na hierarquização realizada na Etapa 2.1?
- Pode-se incluir mais funcionalidades ao produto, suprindo a necessidade de outros produtos?

Outras questões podem ser elaboradas pela própria equipe de reprojeto para atender características específicas do produto. As respostas às questões orientam a elaboração de estruturas funcionais alternativas.

Além destes questionamentos, a geração de estruturas funcionais alternativas deve ser guiada pelos

requisitos de reprojeto. Os requisitos de reprojeto devem ser lidos de forma a identificar necessidades de mudanças funcionais.

Uma vez gerado um conjunto de alternativas para a estrutura funcional, realiza-se a próxima tarefa que é selecionar a estrutura funcional que melhor atenda aos requisitos de usuários e ambientais. Para tanto se utiliza a matriz de seleção de estruturas funcionais, proposta em [7].

Uma vez selecionada a estrutura funcional modificada que mais atenda as necessidades dos clientes passa-se para a próxima etapa.

### 3.3. Etapa 2.3. Geração de concepções para a estrutura funcional modificada

Esta etapa consiste na geração de PSs e sua combinação em concepções alternativas (CAs) que realizem a estrutura funcional selecionada na etapa anterior. Nesta etapa passa-se de uma descrição abstrata (estrutura funcional) para uma descrição mais concreta (CAs). Esta descrição em termos mais concretos aumenta a facilidade da consideração ambiental, mesmo que a concepção ainda não se apresente com uma configuração detalhada e nem com uma definição dos parâmetros de engenharia. Na RePMA, propõe-se uma seqüência de tarefas com orientações para a consideração da demanda ambiental nas atividades desta etapa.

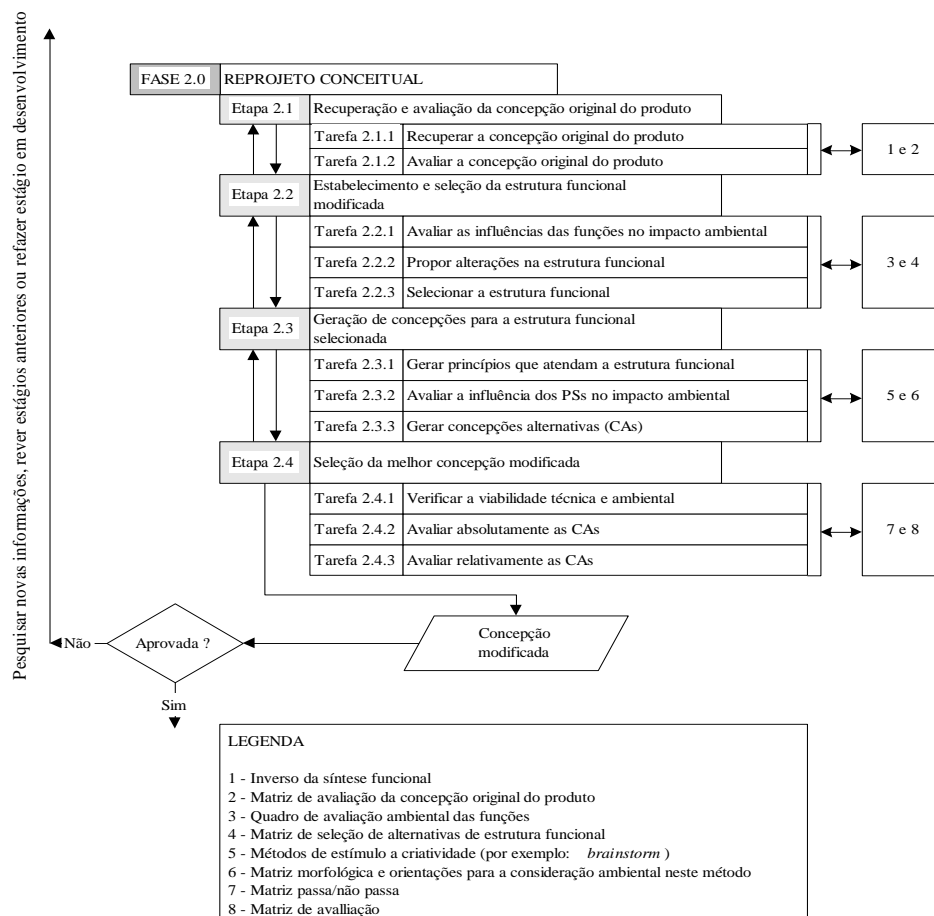


Figura 2. Desdobramento do reprojeto conceitual

A primeira tarefa é gerar princípios que atendam as funções da estrutura funcional selecionada. Nesta tarefa destaca-se a criatividade dos projetistas, pois procura-se gerar alternativas de PSs para cada função.

Na RePMA sugere-se que a equipe de reprojeção faça uma pesquisa de métodos que estimule a criatividade de seus membros, aplicando os mais adequados para o problema específico do produto que está sendo reprojetado. Para ajudar a organização dos PSs gerados propõe-se a utilização da matriz morfológica, apresentada na Figura 3.

A primeira coluna da matriz morfológica é preenchida com as funções da estrutura funcional selecionada na etapa anterior. A transcrição destas funções na matriz morfológica fica ao critério da equipe de reprojeção podendo ser agrupadas ou detalhadas em atributos mais elementares desde de que auxilie na geração de PSs para a função.

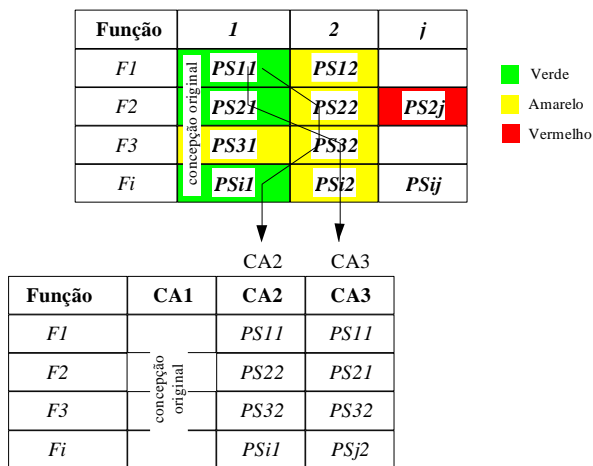


Figura 3 – Matriz morfológica e combinação dos PSs em CAs

Os PSs são preenchidos nas colunas ao lado de cada função. Recomenda-se que sejam descritos através de desenhos esquemáticos, caso não seja possível, pode-se adotar uma descrição textual. Sugere-se que os PSs do produto sejam os primeiros a compor a matriz morfológica e em seguida preenche-se com os PSs gerados pela equipe.

De posse da matriz morfológica preenchida, passa-se para a tarefa de avaliar a influência dos PSs no impacto ambiental do produto. Nesta tarefa pretende-se destacar os PSs em relação ao impacto ambiental. Para tanto, sugere-se que a equipe de reprojeção confronte cada PS com os resultados obtidos na ACV-simplificada. Deste confronto os PSs são destacados na matriz morfológica de acordo com as seguintes orientações:

- Verde, caso o PS represente redução dos principais impactos ambientais do produto;
- Amarela, caso o PS represente redução de parte dos principais impactos ambientais do produto;
- Vermelho, caso o PS represente aumento no impacto ambiental do produto ou descumprimento de alguma legislação ambiental; e

- Não se destaca o PS nos casos em que não se consiga avaliar a sua influência no impacto ambiental ou quando a utilização deste PS não alterar o impacto ambiental do produto.

Esta avaliação qualitativa dos PSs auxilia a equipe de reprojeção na tarefa de gerar as CAs para o produto. Esta tarefa consiste em combinar os PS listados na matriz morfológica, conforme indicado na Figura 3.

A combinação dos PSs pode ser considerada um processo criativo, no qual a equipe de reprojeção não deve ser constrangida na sua liberdade de ação. No entanto, para tornar o processo de geração mais rápido e dedicado à melhoria ambiental, sugere-se que se dê preferência à combinação dos PSs verdes, depois os amarelos e os sem destaques e por fim os vermelhos.

Além do critério ambiental, deve-se atentar para a compatibilidade entre os princípios de solução.

### 3.4. Etapa 2.4. Seleção da melhor concepção modificada

A seleção da melhor CA consiste de três tarefas: viabilidade técnica-ambiental, avaliação absoluta de cada CA e por fim avaliação relativa de cada CA [8].

Deve-se avaliar cada alternativa segundo a viabilidade tecnológica e ambiental de sua realização. Entende-se a primeira como a disponibilidade tecnológica necessária à realização de uma dada CA. Por outro lado, a viabilidade ambiental é a não existência de características que transgridam algum regulamento ambiental.

Nesta avaliação deve-se evitar preconceitos em relação às novidades que por ventura estejam presentes nas CAs, por conseguinte o descarte de qualquer alternativa, segundo estes critérios, deve ser justificado de forma clara e coerente.

Nas outras duas tarefas, as avaliações têm como critérios de seleção os requisitos de usuários e ambientais e os requisitos de reprojeção, respectivamente.

Estas avaliações utilizam um conjunto de métodos já conhecidos, como a matriz passa/não passa e a matriz de avaliação de Pugh [9]. A consideração ambiental nestes métodos está presente na adoção dos requisitos ambientais como critérios de seleção.

Ao final deste processo de seleção obtém-se a melhor CA para o produto.

No próximo item apresenta-se a aplicação das orientações e métodos prescritos no reprojeção conceitual na melhoria ambiental de uma cafeteira elétrica.

## 4. Reprojeção conceitual de uma cafeteira elétrica

Este item refere-se a aplicação das orientações e métodos da fase de reprojeção conceitual com o objetivo de reduzir o impacto ambiental de uma cafeteira elétrica, cuja vista explodida é apresentada na Figura 4.

As entradas do reprojeção conceitual são a opção pelo reprojeção original e a lista de requisitos de reprojeção hierarquizados com a aplicação da casa da qualidade. Os requisitos que se destacaram foram **número de**

informações sobre o impacto ambiental, custo de produção, energia para manter o café aquecido, consumo de energia, peso da cafeteira e número de pontos de risco à segurança do usuário [10].

A primeira entrada implica na realização da fase de reprojeto conceitual, enquanto a segunda serve de base para as tomadas de decisões nas etapas do reprojeto conceitual.

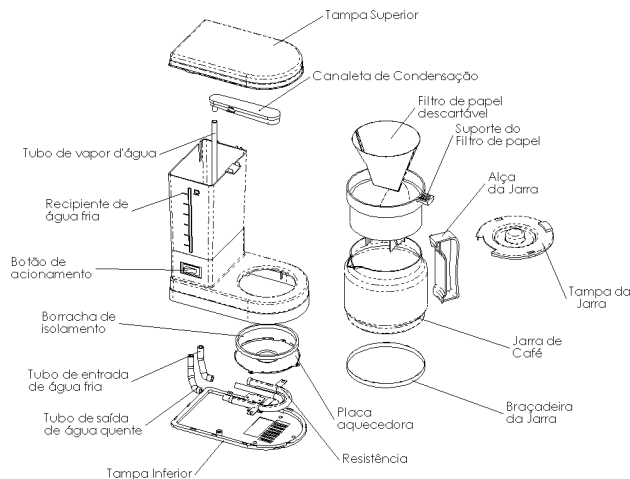


Figura 4 - Vista explodida da cafeteira

Na etapa de recuperação e avaliação da concepção do produto, aplicou-se o método do inverso da síntese funcional.

A concepção da cafeteira elétrica é representada através da estrutura funcional e morfológica. Na primeira apresentam-se as funções que compõem produto e seus interrelacionamento através dos fluxos de matéria, energia e informação, apresentados na Figura 5. A estrutura morfológica, por sua vez, apresenta os princípios de solução (PSs) que realizam as funções descritas anteriormente. A estrutura morfológica está disponível em Bitencourt [10].

Na avaliação da concepção da cafeteira elétrica, destacaram-se as seguintes funções: *Manter café aquecido*, *Transformar energia elétrica em calor* e *Aquecer água*.

A etapa seguinte refere-se a geração de modificações na cafeteira elétrica. A primeira tarefa corresponde a avaliação da influência das funções no impacto ambiental do produto. O resultado desta avaliação é apresentado na Tabela 2.

Com base na Tabela 2 e na avaliação da concepção original da cafeteira, identificou-se que as funções mais relacionadas ao impacto ambiental são: *Transformar energia elétrica em calor*, *Aquecer água*, *Dissolver café*, *Filtrar café* e *Manter café aquecido*. Desta forma, gerou-se alterações na estrutura funcional do produto, ilustrado na Figura 6.

As modificações propostas consistem na inclusão de duas funções:

**Controlar temperatura** – esta função objetiva em

controlar o consumo de energia da função *Transformar energia elétrica em calor* através de dois sinais: um proveniente do usuário e outro da temperatura do recipiente de café. Esta função então diminuiria o consumo de energia, deixando o suficiente para manter a temperatura do café; e

**Conservar a temperatura do café** – esta função proporcionaria a manutenção da temperatura do café com baixo, ou nenhum, consumo de energia.

Os requisitos declarados pelos usuários [10] não indicam necessidade de mudanças na função global da cafeteira. Entretanto poder-se-ia optar pela inclusão de mais funcionalidades à cafeteira, como por exemplo: *Preparar café expresso ou capuccino*.

Por outro lado, como não foram geradas alternativas de estrutura funcional, não se necessitou executar a tarefa de selecionar uma estrutura funcional.

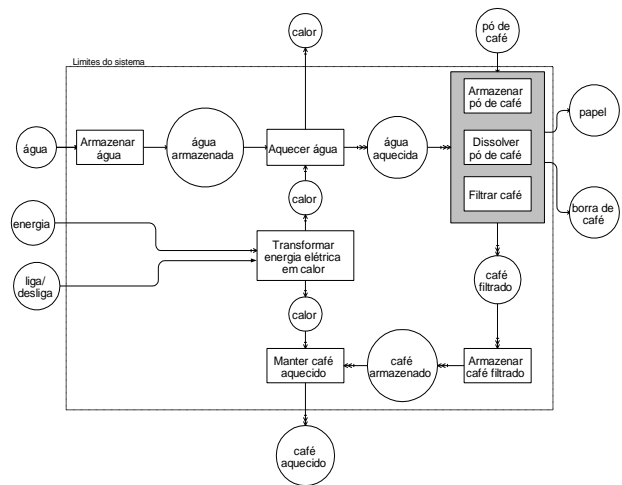


Figura 5 - Estrutura funcional da cafeteira elétrica

Tabela 2 – Avaliação ambiental das funções

| Função                                | Consumo                    |   | Emissão                      |  |
|---------------------------------------|----------------------------|---|------------------------------|--|
|                                       | Material                   | Energia   | Material                     | Energia  |
| Transformar Energia elétrica em calor |                            | Energia elétrica  |                              | Calor transmitido por condução ao tubo de aquecimento da água e para a placa de aquecimento                            |
| Aquecer água                          | Água                       | Calor para vaporização da água                          | Vapor de água                | Calor despendido ao meio   |
| Filtrar café                          | Água aquecida e pó de café |   | Café, borra de café e filtro |  |
| Manter café aquecido                  | Café armazenado e calor    | Calor conduzido pela resistência à placa de aquecimento | Café aquecido                | Calor transmitido para a jarra por condução do vidro e depois por convecção no próprio café e Calor despendido ao meio |

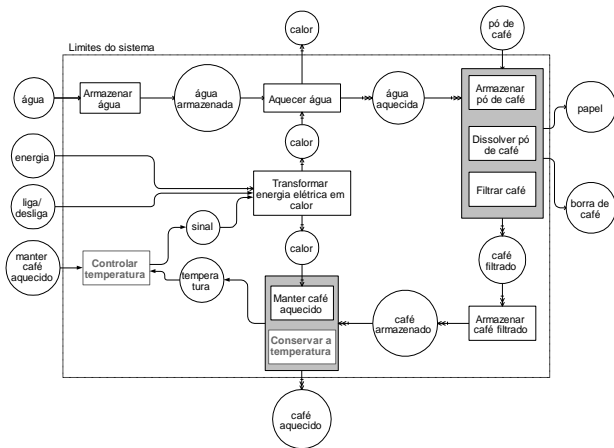


Figura 6 – Estrutura funcional modificada

De posse da estrutura funcional modificada, segue-se à geração de concepções que atendam esta estrutura funcional. Optou-se em utilizar o *brainstorming* como método de geração de PSs. Aplicou-se este método de duas formas: na primeira os membros da equipe elaboraram as suas sugestões nos seus postos de trabalhos e na segunda realizou-se uma reunião com membros do NeDIP (Núcleo de Desenvolvimento Integrado de Produto).

Os PSs gerados durante a tarefa anterior foram organizados na matriz morfológica para o reprojeto da cafeteira elétrica. Estes PSs foram avaliados segundo sua possível influência no impacto ambiental da cafeteira elétrica.

Por fim, realizou-se a combinação dos PSs em concepções alternativas (CAs) para a cafeteira elétrica. Geraram-se dez CAs diferentes que passaram pelos processos de seleção prescritos na RePMA. Destas destacaram-se duas. A primeira refere-se a utilização de uma garrafa térmica como o recipiente do café, não fornecida em conjunto com a cafeteira. A outra alternativa corresponde à melhor colocada nos processos de seleção, incluindo os aspectos positivos das outras CAs.

A primeira alternativa é a mais promissora, entretanto corresponde a uma concepção muito inovadora para cafeteiras elétricas. Deve-se verificar se o mercado está disposto a esta nova concepção, além de verificar as conseqüências desta opção para o setor produtivo da empresa. A segunda alternativa apresenta-se com menor número de mudanças na concepção original da cafeteira, que se acredita não implicar em riscos significativos de rejeição pelo mercado.

Como não se tem condições de fazer as avaliações necessárias sobre a aceitação da primeira alternativa e nem sua influência no sistema de produção de uma empresa, optou-se em adotar a segunda alternativa como a concepção modificada da cafeteira elétrica, ilustradas nas Figuras 7 e 8.

As principais modificações e implicações da adoção desta concepção são:

- O aquecimento da água e do café é realizado por duas resistências e um seletor manual que determina qual configuração de resistência deve-se utilizar.

Desta forma o usuário poderá optar por um consumo menor de energia para manter o café aquecido, escolhendo a menor resistência. A principal limitação desta abordagem é o aumento da complexidade da montagem do circuito e da configuração da cafeteira para permitir a reposição da resistência;

- O tubo de aquecimento de água é envolvido pelas resistências, permitindo uma melhor transmissão de calor;
- O suporte do filtro é unido ao corpo da cafeteira por uma dobradiça removível, além disso possui uma válvula que evita a passagem de líquido. Estas características melhoram a manuseabilidade do filtro e a limpeza, entretanto necessitam de técnicas de produção mais complexas em relação a produção do suporte atual; e
- A jarra tem forma de tronco de cone com arredondamento de seus vértices, além disso é dotada de um revestimento lateral com um isolante térmico e sua base é constituída de um condutor térmico. Estas modificações podem aumentar o impacto ambiental no descarte, entretanto diminui o impacto no uso, devido ao consumo de energia para manter o café aquecido, que é o principal impacto ambiental da cafeteira.

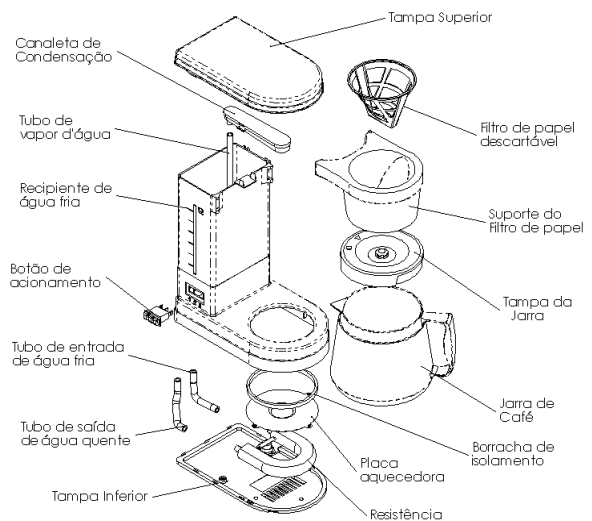


Figura 7 - Concepção modificada da cafeteira elétrica

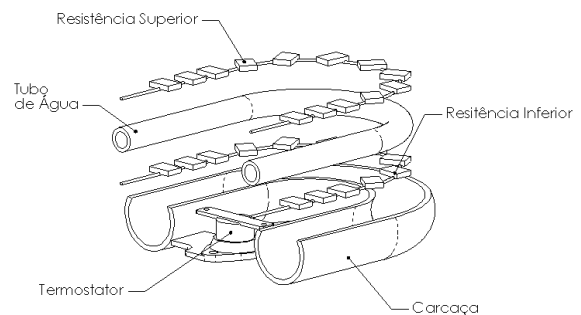


Figura 8 - Sistema de aquecimento

## 5. Considerações finais

As diferentes pressões ambientais estão levando as empresas estabelecerem estratégias de melhorias ambientais de seus produtos e serviços. A RePMA apresenta-se como uma forma de auxiliar a equipe de projeto de produtos na concretização destas estratégias nas suas atividades. As orientações e métodos da RePMA, principalmente na fase do reprojeto conceitual, possibilitam que a equipe de reprojeto possa realizar modificações na concepção original do produto considerando as demandas ambientais do mercado, transcritas na forma de requisitos ambientais de reprojeto.

A aplicação da RePMA é facilitada quando realizada por uma equipe de reprojeto multidisciplinar com experiência em projeto sistemático de produtos, pois o seu desenvolvimento foi baseado na experiência em metodologias de projeto de produtos do NeDIP e consistiu-se na inclusão de elementos que atendam as especificidades do reprojeto de produtos e do projeto para o meio ambiente nesta estrutura metodológica.

Mais especificamente, na aplicação da fase de reprojeto conceitual na melhoria ambiental de uma cafeteira elétrica, verificou-se:

- A facilidade de aplicação das orientações e métodos prescritos na RePMA;
- A inclusão da demanda ambiental foi facilitada pois se adotou como base uma estrutura sistemática e métodos de desenvolvimento de produtos conhecidos; e
- A concepção modificada para a cafeteira elétrica proporciona uma redução no principal impacto ambiental deste produto, que é o consumo de energia para manter o café aquecido.

## 6. Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer a Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Mecânica pela oportunidade e apoio de seu programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica e ao CNPq pelo auxílio financeiro. Também desejam agradecer aos alunos do NeDIP – Núcleo de Desenvolvimento Integrado de Produtos que participaram na elaboração do estudo de caso do presente artigo.

## 7. Referências bibliográficas

1. EVBUOMWAN, N.F.O.; SIVALOGANATHAN, S.; JEBB, A. **A survey of design philosophies, models, methods and systems**. Proceedings: Institution of Mechanical Engineers. v 210, p. 301-319, 1996.
2. BRAS, B. **Incorporating Environmental Issues in Product Design and Realization**. Industry and Environment, United Nations Environment Programme Industry and Environment (UNEP/IE), Paris, v 20, n 1-2, p 7-13, jan-jun 1997.
3. OGLIARI, A. **Sistematização da concepção de**

**produtos auxiliada por computador com aplicações no domínio de componentes de plástico injetado**. 1999. Tese (Doutorado em Engenharia de Mecânica) – Programa de Pós Graduação em Engenharia de Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina.

4. MARIBONDO, J. F.; BACK, N.; FORCELLINI, F. A. **Diretrizes para o desenvolvimento de uma metodologia de projeto de sistemas modulares**. In: XV CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA MECÂNICA, Águas de Lindóia, São Paulo, 22-26 nov. 1999..
5. OTTO, K. N.; WOOD K.L. **Product Evolution: A Reverse Engineering and Redesign Methodology. Research in Engineering Design**. Theory, Applications, and Concurrent Engineering. v. 10 n. 4 Springer-Verlag GmbH & Company KG Berlin Germany, p. 226-243, 1998.
6. PAHL G.; BEITZ W. **Engineering design: a systematic approach**. 2Rev.ed, Berlin: Springer – Verlag London Limited, 1996.
7. MARIBONDO, J. F. **Desenvolvimento de uma metodologia de projeto de sistemas modulares, aplicada a unidades de processamento de resíduos sólidos domiciliares**. 2000. Tese (Doutorado em Engenharia de Mecânica) – Programa de Pós Graduação em Engenharia de Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina.
8. ULLMAN, D. G. **The Mechanical Design Process**. Singapore: McGraw-Hill Co., 1992.
9. PUGH, S. **Total Design**. In: Addison-Wealey Publisching Company. 1990.
10. BITENCOURT, A.C.P. **Desenvolvimento de uma metodologia de reprojeto para o meio ambiente**. 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Mecânica) – Programa de Pós Graduação em Engenharia de Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina.

## Endereço para correspondência:

Antônio Carlos Peixoto Bitencourt, NeDIP, Rua Santa Cruz, 505, Jardim Cruzeiro, CEP 44020-040, Feira de Santana, Bahia, Tel: +55 (75) 624 1669, acpb@nedip.ufsc.br.