

Dirigindo o Futuro dos Secadores de Cabelos

Lorena Cunha Bogéa (CEFET-PR) lorenabogea@pop.com.br

Marco Aurélio de Carvalho (CEFET-PR) decarvalho@cefetpr.br

Roberto Mattos Filho (CEFET-PR) mattosroberto2003@yahoo.com.br

Luiz Gustavo Ilkiu Freire de Miranda (NILKO) design@nilko.com.br

Resumo

Mudanças tecnológicas implementadas através da criação de novos produtos são cada vez mais freqüentes. Realizar tais mudanças de uma forma planejada requer análises mercadológicas e tecnológicas. A Análise dos Futuros Tecnológicos (AFT) (Porter et al., 2004) é um termo "guarda-chuva" que inclui a previsão tecnológica, a prospecção tecnológica, a avaliação dos impactos tecnológicos e outras metodologias e métodos para organizações que pretendem analisar tecnologias e suas conseqüências. A Evolução Dirigida (ED) (Zlotin & Zusman, 2001) é uma metodologia derivada da TRIZ, para finalidades relacionadas com a AFT. Diferentemente de outras metodologias que podem ser enquadradas dentro da AFT, a ED visa a definir, conceitualmente, as futuras gerações dos produtos de uma organização, de modo que esta possa direcionar a evolução tecnológica. Neste artigo, é apresentada a ED, um estudo de caso realizado com uso da mesma, para um secador de cabelos e uma análise crítica da metodologia.

Palavras-chave: Evolução Dirigida, TRIZ, Análise dos Futuros Tecnológicos.

1. Introdução

Inovações tecnológicas ocorrem de forma cada vez mais intensa. Promover inovações contínuas e saber gerir a tecnologia é essencial para empresas que desejem se manter em um mercado competitivo. Neste contexto, um importante recurso é a Análise dos Futuros Tecnológicos (AFT). AFT (Porter et al., 2004) é um termo que engloba a variedade de metodologias e métodos de previsão tecnológica, prospecção tecnológica e análise do impacto tecnológico, os quais possibilitam às organizações a previsão de desenvolvimentos futuros.

Originalmente denominada previsão tecnológica, a AFT contava, sobretudo, com métodos quantitativos, baseados em extrapolação de tendências ou nas opiniões de especialistas. Hoje, a AFT pode ser melhor entendida como um processo que visa, sobretudo, à formulação de estratégias, crucial para a sobrevivência das empresas (DE CARVALHO, 2002).

A evolução dirigida (ED) faz parte das metodologias mais recentes de AFT e surgiu com base nos fundamentos da TRIZ (Teoria da Solução Inventiva de Problemas). Diferentemente das metodologias quantitativas ou baseadas nas opiniões de especialistas, tradicionalmente mais conhecidas dentro da AFT, a ED (Zlotin & Zusman, 2001) não se ocupa com a previsão de parâmetros tecnológicos e datas prováveis para alcançá-los, mas, com a definição de como serão as próximas gerações de produtos, processos e serviços tecnológicos. Isso é possível porque, de acordo com os estudiosos da TRIZ (Altshuller, 1979; Salamatov, 1999; Savransky, 2000; Mann, 2002), o surgimento de novos sistemas técnicos não ocorre de maneira aleatória, mas segundo certas leis (para Altshuller), tendências, caminhos ou padrões (para os demais autores). Por simplificação, neste artigo, estes termos são genericamente denominados tendências da evolução dos sistemas técnicos (TESTs). Assim, dado o sistema atual e as TESTs, pode-se antecipar a direção de seu desenvolvimento.

O objetivo deste artigo é avaliar a ED, através de sua aplicação a secadores de cabelos manuais domésticos. Inicialmente, é feita uma descrição da ED. Em seguida, o estudo de caso é apresentado. Por fim, no item 4, faz-se a análise crítica da metodologia utilizada, bem como sugestões para trabalhos futuros.

2. Evolução Dirigida

A evolução dirigida é uma metodologia proposta por Zlotin & Zusman (2001), que surgiu como consequência do desenvolvimento da Teoria da Solução Inventiva de Problemas (TRIZ) e que compartilha, portanto, a mesma base teórica.

Na prática, a evolução dirigida consiste em um processo sistemático em cinco fases:

1. Coleta de Dados Históricos. Esta é a fase na qual se procura entender o funcionamento do sistema em estudo, seus componentes e o ambiente no qual opera. Nesta fase estuda-se a evolução do produto desde seu surgimento e busca-se revelar os pontos positivos e problemas.
2. Diagnóstico. Nesta fase, procura-se revelar em que ponto do processo evolutivo o sistema se encontra (tendo como base os dados da fase 1) e quais as prováveis direções que tomará no futuro, pela análise da aplicabilidade das TESTs.
3. Síntese de Idéias. O objetivo desta fase é gerar idéias que permitam levar o sistema ao próximo estágio evolucionário.
4. Tomada de Decisões. Aqui, as idéias geradas são agrupadas em conceitos bem definidos. Separam-se os conceitos de curto, médio e longo prazo.
5. Suporte do Processo de Evolução. Não basta saber como serão os produtos dos próximos anos, é preciso estabelecer um plano estratégico que permita alcançá-los de fato. É essencial um constante monitoramento do processo de evolução com vistas a revelar possíveis desvios dos cenários previstos e implementar a pronta correção necessária. Para que isso ocorra, devem ser tomadas medidas organizacionais que garantam um processo contínuo de ED.

Cada etapa do processo conta com um conjunto de ferramentas específico, as quais podem ser aplicadas com ou sem auxílio de *software* (ZLOTIN & ZUSMAN, 2001).

3. Estudo de caso

O produto escolhido para a aplicação da ED ora relatada é o secador de cabelos manual doméstico. Este produto foi escolhido por ser relativamente barato e de tecnologia relativamente simples – portanto, mais acessível à equipe envolvida na análise – e por ter uma história, variedade de patentes relacionadas e potencial evolucionário que permitiriam efetivamente testar a metodologia ED. O presente artigo representa parte do processo completo de ED, uma vez que os autores ainda estão trabalhando nos estágios 4 e 5.

3.1. Coleta de Dados Históricos

Os secadores de cabelos têm duas funções principais: secar os cabelos e modelá-los. São compostos por um motor elétrico, um rotor, uma resistência elétrica, uma carcaça e um controle. O motor faz girar um rotor, criando um fluxo de ar, o qual é aquecido por resistência elétrica e direcionado até a região do cabelo que o usuário deseja secar ou modelar.

Os primeiros secadores de cabelos datam de 1920. Estes secadores eram similares aos aspiradores de pó, com a diferença de que sopravam o ar. De fato, foi o aparecimento de uma versão mais compacta dos motores elétricos empregados nos aspiradores que permitiu o surgimento de secadores similares aos atuais. Nesta época, se comparados aos atuais, os aparelhos eram grandes e pesados, com cabo de madeira e corpo metálico.

Durante a década de 1930, surgiram os primeiros secadores com carcaça de plástico (baquelite). As propriedades isolantes desse material e seu baixo peso específico trouxeram grandes vantagens. Além disso, foi possível adicionar cores mais variadas ao produto, que passou a ser relacionado à moda.

A partir da década de 1950, o uso de motores de indução e melhorias aerodinâmicas dos rotores e das carcaças contribuíram para reduzir o ruído gerado pelos secadores.

Dos anos 1960 aos anos 1980, observou-se enorme avanço nos motores elétricos, que se tornaram menores, sem que houvesse perda de potência. O emprego de novos polímeros para a carcaça, como o ABS, o polipropileno e o policarbonato possibilitou aliar resistência à temperatura e ao impacto com baixo peso específico. Além disso, a adoção de diodo no sistema elétrico, por volta de 1980, facilitou a regulação da velocidade do motor. Até então, apenas a temperatura podia ser alterada.

Desde 2000, surgiram duas novidades: os secadores iônicos e os que utilizam infravermelho. Os íons negativos emitidos por alguns aparelhos produzem divisão das gotas d'água em partes menores, acelerando sua evaporação. Além disso, eliminam parte da eletricidade estática causada pela fricção dos cabelos com o vento e com a escova, fechando as cutículas dos cabelos. Com isso, é reduzido o arrepiado e conserva-se parte da umidade no fio, evitando o ressecamento excessivo. Os raios infravermelhos, por sua vez, permitem uma secagem mais uniforme e menos agressiva (embora mais lenta).

Após o estudo do desenvolvimento histórico do sistema, foram feitas a análise funcional e estrutural do mesmo. Além disso, foi feita a formulação do problema de ED, utilizando um formulário específico proposto por Zlotin & Zusman (2001). O uso destas ferramentas resultou na elaboração do diagrama apresentado na Figura 1, que apresenta uma visualização gráfica das interações entre as funções dos componentes do secador.

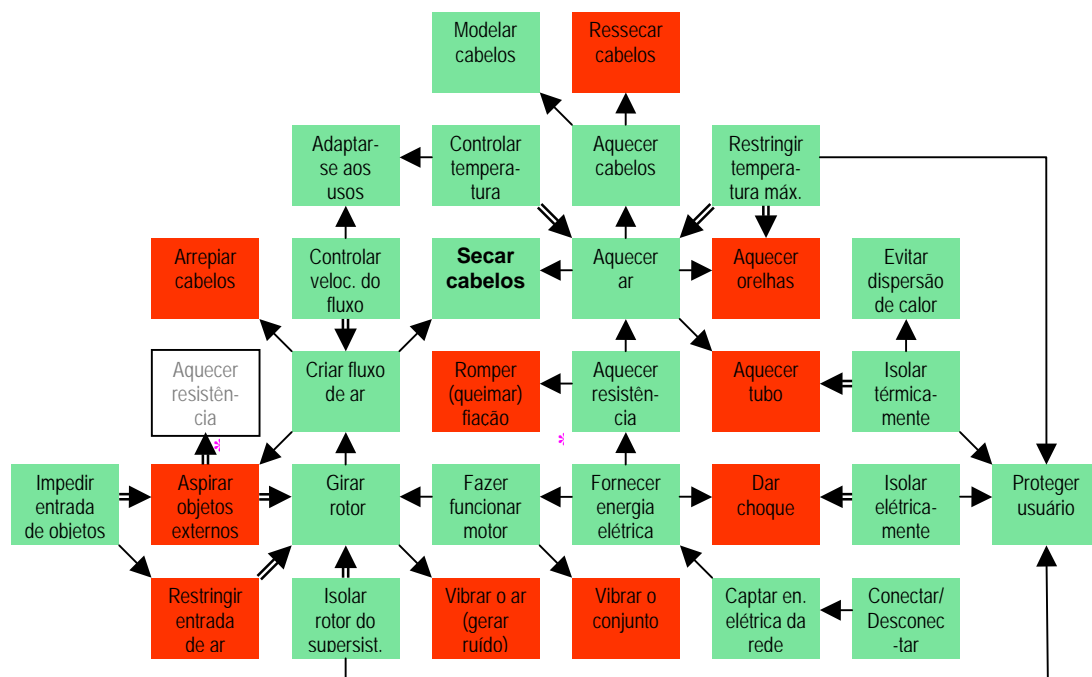


Figura 1 - Diagrama de formulação do problema

A partir do diagrama, foram geradas 35 sentenças de formulação do problema, em diferentes níveis de abstração. Dado o interesse de se fazer uma avaliação abrangente da ED, a formulação escolhida foi:

“Considere fazer a transição para a próxima geração do sistema que fornecerá o resultado útil final secar cabelos de forma mais eficaz e/ou que estará livre dos problemas existentes.”

Além de levar à formulação escolhida, o diagrama, aliado ao questionário ED, permitiu evidenciar os seguintes problemas existentes no produto atual:

- Alto nível de ruído gerado pelas pás do rotor em movimento (por volta dos 60 dB);
- Necessidade de movimentos repetitivos durante o processo de secagem;
- Arrepiamento dos cabelos pela eletricidade estática surgida no atrito da escova e do fluxo de ar com os fios;
- Ressecamento dos cabelos, devido às altas temperaturas de secagem;
- Superaquecimento do secador;
- Falhas do sistema elétrico.

3.2. Diagnóstico

Nesta etapa, foi feita a análise dos recursos existentes no sistema e seu entorno, análise da curva S, pesquisa de patentes e estudo do potencial evolucionário, através das TESTs.

Na pesquisa de patentes, feita nos sites Esp@cenet e USPTO¹, pôde-se perceber uma grande quantidade de propostas de melhorias em acessórios, tais como suportes e bocais. Algumas soluções destacam-se pela ousadia e risco para o usuário, como secadores com aquecimento do ar por meio de combustão de gases. Entre as patentes mais recentes que já encontram aplicação prática, há as tentativas de secagem menos agressiva, de redução do arrepio dos cabelos e de eliminação do cabo de energia, com alimentação por baterias.

Para a avaliação do potencial evolucionário, foram utilizadas as TESTs compiladas por Mann (2002), listadas na Tabela 1. A análise foi feita para o sistema completo e para os principais subsistemas dos secadores de cabelos, definidos como sendo a carcaça, o mecanismo de aquecimento e o mecanismo de geração do fluxo de ar. Cada uma das TESTs propostas por Mann (2002) consiste de estágios, que permitem identificar em que estágio o sistema atual se encontra para cada TEST. Por exemplo, a TEST segmentação do espaço consiste dos estágios sistema monolítico sólido, estrutura oca, estrutura com múltiplas cavidades, estrutura porosa capilar e estrutura porosa com elementos ativos. A avaliação do estágio atual para cada TEST foi feita através de discussão entre os membros da equipe de trabalho.

1	Materiais inteligentes	17	Mono-Bi-Poli (diversos)
2	Segmentação do espaço	18	Mono-Bi-Poli (aumento das diferenças)
3	Segmentação da superfície	19	Atenuação reduzida
4	Segmentação do objeto	20	Aumentar o uso dos sentidos
5	Evolução da escala macro para nano (e além)	21	Aumento do uso da cor
6	Redes e fibras	22	Aumentar a transparência
7	Diminuir densidade	23	Foco de compra dos clientes
8	Aumentar assimetria	24	Evolução do mercado
9	Quebra de linhas divisórias	25	Ponto de projeto/ design
10	Evolução geométrica (linear)	26	Grau de liberdade
11	Evolução geométrica (volumétrica)	27	Trimming
12	Dinamização	28	Controlabilidade
13	Coordenação da ação	29	Redução do envolvimento humano
14	Coordenação do ritmo	30	Metodologia de projeto
15	(casar com) Não linearidades (externas)	31	Reduzir o número de conversões de energia
16	Mono-Bi-Poli (similar)		

Tabela 1 – TESTs usadas da avaliação do potencial evolucionário

Os gráficos resultantes da avaliação do potencial evolucionário são apresentados na Figura 2. Estes gráficos permitem verificar que, teoricamente, de acordo com as TESTs utilizadas, a área hachurada dos gráficos representa o status atual de desenvolvimento tecnológico do sistema ou subsistema e a área exterior, o potencial evolucionário de cada um.

O limite de evolução foi atingido para poucas TESTs. A análise do potencial evolucionário mostrou áreas inexploradas para o sistema, sobretudo no que se refere às tendências: Materiais inteligentes, Segmentação do espaço, Coordenação da ação, Não linearidades, Mono-Bi-Poli (similar e diversos), Controlabilidade e Redução do envolvimento humano.

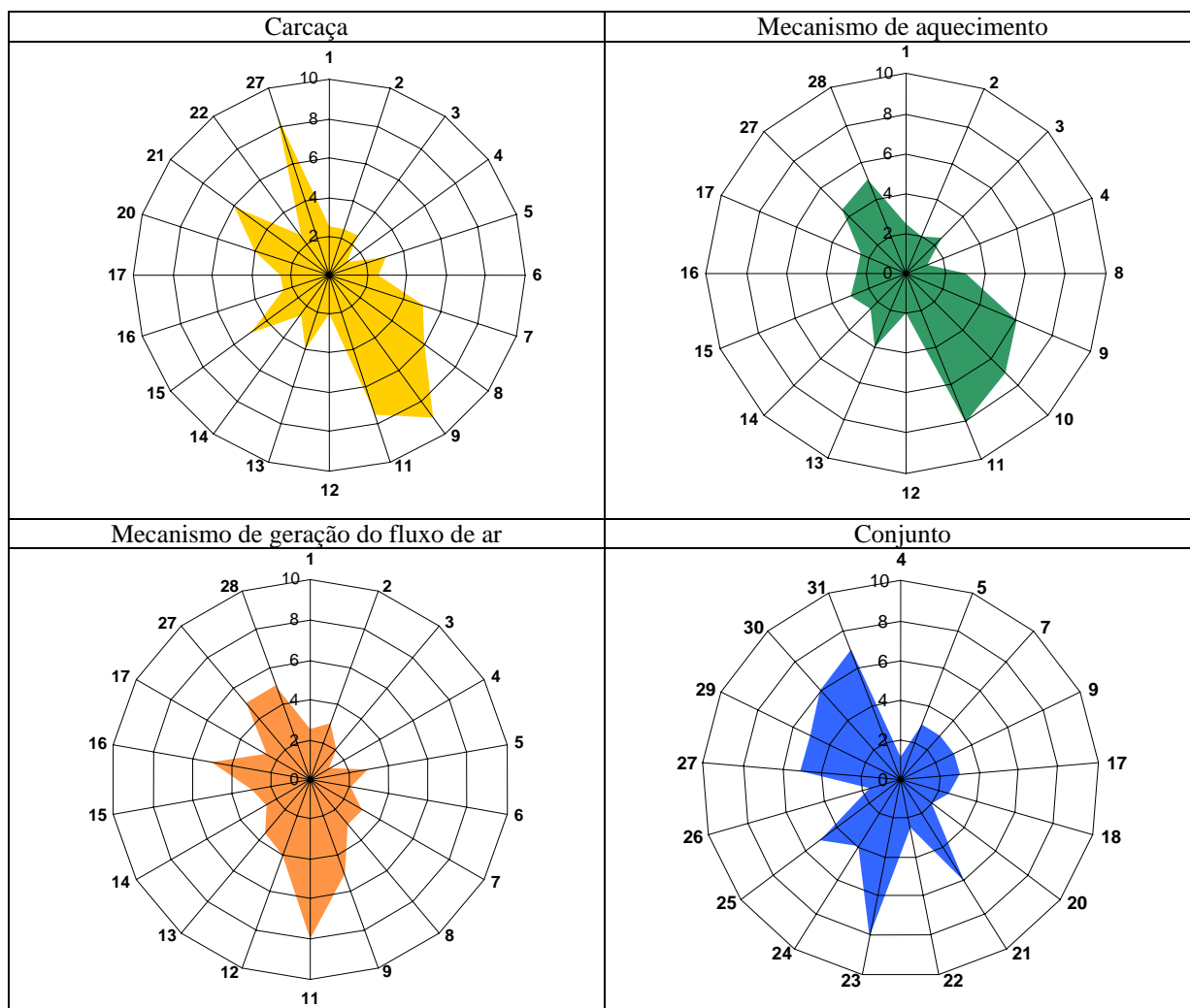


Figura 2 – Gráficos Radar do Potencial Evolucionário

Pode-se determinar a posição de um sistema na curva S a partir da análise da atividade inventiva, conforme definido por Altshuller (1979). A análise de patentes feita para o secador de cabelos revela que o mesmo encontra-se na fase de declínio. A partir dos dados obtidos, acredita-se que as invenções de nível alto que estão aparecendo recentemente (desde o ano 2000) revelam o surgimento de novas curvas S, que, provavelmente, resultarão numa expansão da função do sistema (de secar e modelar cabelos para tratar cabelos) e, conseqüentemente, no aumento das áreas hachuradas nos gráficos apresentados na Figura 2.

3.3. Síntese de idéias

A síntese de idéias foi iniciada simultaneamente à avaliação da evolução dos secadores para cada TEST, ao se fazer a análise da aplicabilidade das mesmas. Durante o processo também foram usadas as leis da evolução dos sistemas técnicos propostas por Altshuller (1979): completeza das partes do sistema, condutividade de energia, harmonização dos ritmos, aumento da idealidade, desigualdade da evolução dos subsistemas, transição para o supersistema, transição do macro para o micronível e aumento do envolvimento de Su-Campos. Nesta fase, decidiu-se utilizar também as leis de Altshuller porque são de nível de abstração mais alto que as TESTs propostas por Mann (2002) e, portanto, evitam que se perca de vista aspectos mais abrangentes da evolução do sistema.

Na Tabela 2 são apresentadas algumas idéias relacionadas à função principal do sistema, selecionadas dentre as 63 geradas. Os números representam as TESTs com as quais as idéias foram geradas:

2	Carcaça porosa, melhorando o isolamento térmico do aparelho. Elementos ativos úteis adicionados às estruturas porosas.
3	Carcaça com nervuras ou ondulações internas para aumentar a turbulência do ar. Segmentação da superfície no rotor, para reduzir o ruído; cavidades nas superfícies das pás.
4	Utilização de um creme desidratado, na forma de pó, que seca e hidrata os cabelos; fluido, espuma ou aerossol absorventes; gás higroscópico. Vários rotores, com gradativo aumento de rotação (um tipo de <i>windfarm</i>).
12	Rotor de passo variável, para variar a velocidade.
13	Utilização de sensores que indiquem as condições dos fios para que haja apenas o fornecimento da temperatura, umidade e elementos ativos necessários ao cabelo.
14	Pulsos de ar, em vez de fluxo contínuo: entre um pulso e outro, a umidade é absorvida pelo ar quente; num pulso, o ar úmido é acelerado e mandado para longe dos cabelos.
16	Uso de dois ou mais conjuntos motor+rotor (gerando turbilhonamento do ar, aumentando a eficiência de secagem, diminuindo o ruído).
17	Secadores que, além de secar e modelar, tratem cabelos danificados, emitindo fluxo de ar com elementos restauradores como, por exemplo, elementos que promovessem a formação das ligações dissulfeto rompidas pela exposição à radiação UV. Agregar ionização ou campos úteis, com ajuda do calor da resistência.
18	Componente+componente negativo: sistema que sopra um fluxo reverso para limpeza interna.
29	Secador programável, inserindo-se um chip com as informações referentes a cada usuário. Secador com memória de processo que pudesse repetir uma operação.
*	Integração do secador ao chuveiro. Integração do secador ao armário ou outra parte do banheiro.
**	Condicionador de cabelos / secador
* Lei da transição para o supersistema; ** Lei da transição do macro para o micronível.	

Tabela 2 – Algumas idéias geradas com uso das TESTs e leis, relacionadas à função principal do secador

Após a geração de idéias, os problemas existentes no sistema, bem como os problemas secundários relacionados às ideias geradas anteriormente foram analisados e priorizados. Partiu-se, então, para a solução dos mesmos, empregando-se técnicas da TRIZ clássica.

4. Conclusão

O estudo de caso permitiu revelar alguns pontos fortes e deficiências da metodologia utilizada.

Pôde-se verificar que a ED e suas ferramentas conduzem a um estudo detalhado do sistema, abrangendo inclusive seus componentes e o ambiente de operação. Este detalhamento permite voltar a atenção para certos elementos que corriqueiramente não mostram relevância, mas que podem constituir recursos valiosos. É o caso da estrutura química dos cabelos e sua interação com o secador. Atualmente o sistema agride a estrutura, quando poderia tratá-la. Este nível de especificidade da análise, entretanto, exige um tempo relativamente grande para a aplicação da metodologia. Até o final do estágio 3, foram gastas cerca de 280 horas de trabalho.

Outro ponto interessante da ED é a capacidade de adaptar-se, podendo ser usada tanto para problemas específicos quanto abrangentes, para previsões de curto ou longo prazo. Na formulação de problemas, por exemplo, foram geradas 35 sentenças com nível de abstração variando desde “Encontre uma maneira alternativa de restringir a temperatura máxima que compense a função aquecer orelhas sem influenciar a função aquecer ar” até “Considere fazer a transição para a próxima geração do sistema que fornecerá o resultado útil final secar cabelos de forma mais eficaz e/ou que estará livre dos problemas existentes.”

A coleta e análise dos dados históricos, bem como a avaliação e análise da aplicabilidade das TESTs apontam de forma eficaz diversas possíveis direções de evolução do sistema. Além disso, a análise da evolução do sistema para o passo seguinte de uma TEST revela um futuro mais próximo e provável do que saltos para passos posteriores.

Uma vez identificadas as direções e geradas as idéias, a dificuldade é transferida para os estágios 4 e 5, nos quais se planeja o desenvolvimento tecnológico, escolhendo e viabilizando as idéias.

Quanto aos pontos fracos podemos citar, primeiramente, a relação precária da ED com o elemento humano. Na metodologia, não há menção à realização de pesquisas ou testes com os clientes ou levantamento de tendências sociais ou mercadológicas que possam influenciar a reação dos clientes a futuras versões evoluídas do sistema.

Uma dificuldade técnica encontrada foi a realização do diagrama de formulação do problema. Em outros diagramas similares, como a análise de funções e atributos (Mann, 2002), as relações são do tipo componente 1 - ação - componente 2. No caso da ED, as interações são do tipo função 1 - gera ou influencia - função 2. Pensar diretamente nas funções dos componentes do sistema exige maior capacidade de abstração. Uma solução encontrada pelos autores foi fazer, primeiramente, uma lista com todos os componentes do sistema e a função que cada um desempenha. Com as funções listadas, partiu-se para a construção do diagrama.

Outra dificuldade encontrada foi relativa à referência utilizada (Zlotin & Zusman, 2001), que não descreve detalhes, tais como a forma de se encontrar contradições a partir do diagrama de formulação do problema. Deduziu-se que, quando uma função gera outras que atrapalham seu próprio desempenho, trata-se de contradição física e, quando uma função gera, simultaneamente, uma função útil e outra prejudicial, tem-se uma contradição técnica. Para a formulação das declarações de problemas, não foi explicitado como escolher por qual função começar. Foram percebidos, porém, grandes benefícios em fazê-lo pela função principal (secar cabelos) e prosseguir, a partir daí, até às funções auxiliares, que possibilitam seu fornecimento.

Outra deficiência do processo ED relaciona-se ao uso das TESTs. Atualmente, existem centenas delas, o que torna difícil selecionar quais devem ser utilizadas. Algumas delas são muito abstratas e, por não haver exemplo de sistema que tenha chegado ao seu último estágio, fica difícil avaliá-las quantitativamente, na etapa de diagnóstico. Optou-se, neste trabalho,

pelas TESTs de Mann (2002), por contarem com etapas bem definidas. Mesmo assim, a pontuação dada para o grau de evolução dos sistemas dentro de cada TEST é subjetiva e dá margem a variações, conforme a interpretação da equipe envolvida. Além disso, para uma linha evolutiva que possua apenas três passos evolutivos, por exemplo, o sistema que esteja no primeiro passo terá grau de evolução de 3 pontos – numa escala de 1 a 10 – mesmo não tendo se desenvolvido, realmente, de acordo com aquela linha.

Se a escolha das TESTs de Mann (2002), por um lado, facilitou a avaliação do potencial evolucionário, por outro, perderam-se macro-tendências importantes durante a geração de idéias, tais como Transição para um Supersistema. Daí veio a necessidade de incluir o uso das leis da evolução dos sistemas técnicos (Altshuller, 1979) na terceira etapa.

Na terceira fase da ED, verificou-se grande dificuldade em gerar idéias sem a participação de especialistas nos domínios tecnológicos específicos. Além disso, a ferramenta IPS (*Ideation Process for Inventive Problem Solving*), sugerida para solução dos problemas, que deveria ser uma evolução dos processos da TRIZ é, na verdade, mais extensa e repetitiva do que estes. Considerou-se inviável a aplicação da ferramenta IPS a todos os problemas encontrados no sistema. Por este motivo, a equipe optou pela utilização de ferramentas da TRIZ clássica, como a matriz de contradições e os princípios de separação.

Procurou-se, neste trabalho, apresentar a ED como metodologia de AFT e realizar uma análise crítica da mesma, aplicada em secadores de cabelos. Foram apontadas qualidades e deficiências da ED, que, espera-se, sejam úteis para trabalhos futuros envolvendo a AFT, a ED e a própria TRIZ. Percebeu-se que a ED é uma ferramenta útil para a AFT, mas, muito trabalhosa. Recomenda-se, em pesquisas futuras, tentar simplificar o processo de ED.

5. Agradecimentos

Os autores agradecem ao CEFET-PR/DAMEC e ao Instituto Fábrica do Milênio pelo apoio financeiro e logístico a esta pesquisa.

6. Referências

- ALTSHULLER, G. S. Creativity as An Exact Science - The Theory of The Solution of Inventive Problems. 1a. ed. Luxemburg: Gordon & Breach, 1984 (1a ed. russa, 1979).
- DE CARVALHO, M. A. Previsão Tecnológica. Monografia da Disciplina de Estudo Dirigido Previsão Tecnológica (Doutorado em Engenharia de Produção), Florianópolis: UFSC, 2002.
- MANN, D. Hands-on Systematic Innovation. Ieper (Bélgica): CREAX Press, 2002.
- PORTER, A. L. et al. (Technology Futures Analysis Methods Working Group). Technology Futures Analysis: Toward Integration of The Field and New Methods. Technological Forecasting & Social Change, v. 71 (2004), p. 287–303.
- SALAMATOV, Y. P. TRIZ: The Right Solution at the Right Time - A Guide to Innovative Problem Solving. Hattem: Insytec, 1999.
- ZLOTIN, Boris. & ZUSMAN, Alla. Directed Evolution: Philosophy, Theory and Practice. Southfield: Ideation, 2001.

¹ Esp@cenet: <http://ep.espacenet.com>; USPTO: <http://www.uspto.gov>.