

Caminhos para o desenvolvimento em prospecção tecnológica: *Technology Roadmapping* – um olhar sobre formatos e processos

Gilda Massari Coelho
Dalci Maria dos Santos
Marcio de Miranda Santos
Lélio Fellows Filho

1. INTRODUÇÃO

A velocidade sem precedentes das mudanças com a quais as sociedades se defrontam no mundo atual intensifica não somente os níveis de incerteza, como também a complexidade dos processos, e apontam para uma dinâmica que parece ser diferente de tudo o que se conhece e já foi experimentado até os dias atuais.

Esta tendência vem produzindo maior demanda por estudos ligados ao planejamento, prospecção, diagnósticos e visões de futuro por parte de governos e corporações, por todo o globo. Ao mesmo tempo, cresce a consciência ecológica e individual, crescem as pressões que a sociedade civil coloca nos governantes e amplia-se a percepção de que boas idéias requerem bons sistemas de governança nos estados-nação para que suas estratégias rumo ao desenvolvimento sejam bem-sucedidas.

A busca por procedimentos para estudos sistemáticos das tendências e fatos futuros gerou grande variedade de métodos e técnicas de prospecção – especialmente aquelas conhecidas como *forecasting* – que foram desenvolvidas a partir da década de 1950, mas a emergência do paradigma da complexidade e a ampliação do pensamento sistêmico passaram a exigir visões em novos focos: a diversidade, a incerteza, a complexidade, as relações de interdependência, os processos adaptativos, e as interações entre as partes e o todo.

A ampliação desse tipo de estudos para abordagens mais holísticas ganha força a partir da segunda metade da década de 1980, face às

profundas mudanças de caráter político, econômico e tecnológico ocorridas no cenário mundial. Os exercícios de prospecção se identificam com a tendência mundial de tratar os desafios colocados ao desenvolvimento e à tecnologia a partir de abordagens participativas, incluindo o estudo dos ambientes micro, meso e macro em diferentes dimensões, avaliação de impactos, monitoramento, construção de visões de futuro, e promoção e articulação dos sistemas de ciência, tecnologia e inovação, tendo como idéia central que “o futuro se constrói a partir do presente”.

Essa abordagem, conhecida como *foresight*¹, busca conjugar esforços entre ações objetivamente bem definidas e processos que envolvem aspectos de comunicação, articulação e promoção de permanente estado de vigília e de busca de novas oportunidades.

Observa-se uma crescente necessidade de indústrias, corporações e governos nacionais e regionais de tornarem-se cada vez mais inovadores e melhor se adaptem e administrarem as mudanças e incertezas. A habilidade de antecipar-se ao futuro torna-se cada vez mais importante para permitir a remodelação das organizações, aumentando sua capacidade de mover-se em direção a futuros desejados para alcançar bons níveis de desenvolvimento sustentável, de modo a criar riqueza e melhorar a qualidade de vida. Esta habilidade pode se refletir, também, no aumento das capacidades para gerenciar as características conflitantes do processo de tomada de decisão, em curto, médio e longo prazos. (Phaal, 2004)

Particularmente, para o setor privado, a gestão tecnológica visando negócios e benefícios para o desenvolvimento do país ou região requer um processo efetivo e sistemas, facilidades e habilidades especiais para garantir que os investimentos em P&D estejam alinhados com as necessidades dos mercados e indústrias, no presente e no futuro.

¹ A título de exemplo, ver o Foresight Programme, do Reino Unido, em <http://www.foresight.gov.uk/>; o Institute for Prospective Technological Studies, IPTS, da Comunidade Européia, em <http://www.jrc.es/home/index.htm>; o Center for Technology Foresight da APEC, na Tailândia, em <http://www.apecforesight.org/>; e o Foresight Nanotech Institute, dos EUA, <http://www.foresight.org/>, entre outros.

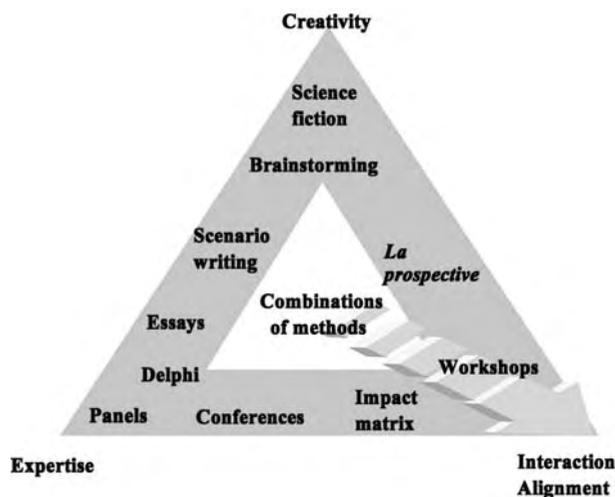
Para garantir sua competitividade, as empresas têm necessitado, cada vez mais, de estudos estratégicos ou de natureza prospectiva sobre o futuro de tecnologias. As empresas precisam conhecer os fluxos de conhecimento apropriados para garantir o equilíbrio necessário no processo de negócios, incluindo estratégia de desenvolvimento, inovação, desenvolvimento de novos produtos e gestão de tecnologia. A natureza deste fluxo de conhecimento depende de ambos os contextos, internos e externos à organização, e inclui fatores como expectativas de negócios, dinâmica de mercado, cultura organizacional, entre outras.

Em um ambiente incerto onde os sistemas econômico, social, tecnológico, político e ambiental e seus subsistemas são de fato complexos, os instrumentos tradicionais da tomada de decisão já não se aplicam como guias para o processo de tomada de decisão. Isto se explica porque, nos dias atuais, os problemas e decisões com as quais se confrontam os países e as organizações modernas são complexos, profundos e interdependentes, o que torna vital a compreensão da natureza destes sistemas e de sua complexidade. (Saritas & Oner, 2004).

Atualmente, há uma busca por novos métodos e técnicas capazes de dar soluções a muitos dos diferentes problemas encontrados. Um trabalho de sistematização e classificação dos métodos e técnicas existentes e em uso nas atividades prospectivas é proposta por Porter et al (1991 e 2004) e por Skumanich & Sibernagel (1997) que dividem os métodos de prospecção em famílias: Criatividade, Métodos Descritivos e Matrizes, Métodos Estatísticos, Opinião de Especialistas, Monitoramento e Sistemas de Inteligência, Modelagem e Simulação, Cenários, Análises de Tendências, e Sistemas de Avaliação e Decisão.

Outra classificação bastante conhecida é o “triângulo do *foresight*”, conforme mostra a figura 1 (Loveridge, 1996), que classifica e relaciona os diferentes métodos e técnicas em três dimensões: 1) criatividade, que inclui os métodos influenciados pela imaginação; 2) *expertise*, que inclui métodos influenciados por experiências e compartilhamento de conhecimento; e, 3) interação, que agrupa os métodos influenciados por discussões e interações e busca relacionar os diversos métodos e técnicas a esses pontos e às atividades a serem desenvolvidas.

Atualmente, essa classificação também está sendo complementada para incluir outra dimensão, que trata das evidências, ou seja, busca incluir aqueles métodos e técnicas que se ocupam, prioritariamente, da análise dos dados reais contidos em bases de dados, em artigos e patentes, indicadores, envolvendo *data* e *text mining*, uso de softwares estatísticos, extrapolações de tendências, revisões de literatura, entre outros, de forma a garantir a legitimidade e credibilidade do processo, ampliando a abordagem e configurando o chamado “diamante do *foresight*”. Nessa visão, para qualquer estudo prospectivo, recomenda-se o uso de pelo menos um método ou técnica relacionado a cada uma das quatro dimensões, de modo a ampliar o alcance dos resultados possíveis de serem alcançados a partir do conceito de *foresight* (Popper & Miles, 2005).



Fonte: Loveridge, 1996

Figura 1. Métodos de *foresight* e sua relação em três dimensões

Os mapas tecnológicos ou *technology roadmaps* fazem parte das ferramentas que emergiram, nos últimos anos, visando explorar a dinâmica das tecnologias emergentes nas indústrias, em um horizonte de longo prazo e, especialmente, desenvolver, implementar e executar mapas estratégicos de modo a alinhar a estratégia da empresa às suas capacidades tecnológicas. Popularizados na década de 80, a partir da abordagem utilizada pela Motorola, são definidos como sendo “um olhar ampliado do futuro de um determinado campo de pesquisa composto pelo conhecimento coletivo e imaginação sobre as mais importantes forças motrizes naquele campo” (Galvin, 2004).

Roadmaps permitem planejar e executar um plano para atingir determinado objetivo, da mesma maneira que um mapa rodoviário permite a um viajante decidir entre rotas alternativas para alcançar um destino. É uma ferramenta de apoio a uma equipe encarregada do desenvolvimento de um produto fornecendo o método para ligar sua estratégia às ações futuras e incorporar explicitamente um plano para que a infra-estrutura, as competências e as tecnologias necessárias estejam disponíveis no momento adequado. Como parte do processo de desenvolvimento de um novo produto, os *roadmaps* conectam e buscam alinhamento entre o mercado e a estratégia competitiva, do planejamento do produto à estratégia da tecnologia – com metas quantitativas, cronogramas e planos para atingir os objetivos.

Esses mapas orientam sobre como fazer para sistematizar o mapeamento externo de diversos fatores, na busca de possíveis caminhos para os vários domínios tecnológicos e para as indústrias que os representam. Dados de importância para *roadmaps* incluem taxas de inovação, gargalos chave, limitações físicas, tendências de desenvolvimento, intenção da corporação, cadeia de valor e caminhos para a evolução tecnológica e do setor industrial associado.

Este artigo apresenta uma revisão da abordagem de *technology roadmapping (TRM)*, introduzindo seus princípios, os propósitos e formatos principais. São apresentados alguns processos requeridos para se conduzir bons *roadmaps*, conforme modelos e aplicações usados por grandes organizações. O texto é baseado na literatura disponível sobre o assunto, notadamente nos trabalhos de Phaal *et al* (2004), Sandia (2005), Galvin (2004), Strategis (2005), Petrick & Echols (2004), The Albright Strategy Group (2005). Tem por objetivo informar, promover a pesquisa, o desenvolvimento e o uso dos *roadmaps* tendo em vista que, conforme Galvin (2004), “os *roadmaps* são, em primeiro lugar, ferramentas para a inovação, representando um inventário de possibilidades para um campo em particular”.

2. TECHNOLOGY ROADMAPPING: DO QUE SE TRATA?

Technology roadmapping tem sido definido como um processo de planejamento impulsionado pela necessidade de tecnologias, que ajuda a

identificar, selecionar e desenvolver tecnologias alternativas para satisfazer um determinado conjunto de necessidades ou de produtos já definidos. É comum se colocar juntos um grupo de especialistas para coletar informação, desenvolver, organizar e apresentar um planejamento para orientar a decisão sobre os melhores e mais rentáveis investimentos.

Probert and Radnor (Phaal, 2004) identificam as suas raízes na abordagem da indústria automotiva americana que, seguida pela Motorola e a Corning, adotou processos sistemáticos de *roadmaps* ao final dos anos 70 e começo dos 80. A abordagem da Motorola foi mais visível, levando o conceito ao setor de eletrônica, notadamente através da Philips, Lucent Technologies e SIA.

A partir daí, o processo de *technology roadmapping* vem sendo largamente utilizado na indústria para apoiar estratégia e planejamento. Os mapas tecnológicos podem ter várias formas, mas geralmente compreendem tabelas baseadas em multiníveis relacionados a cronogramas temporais, que permitem que os desenvolvimentos tecnológicos se alinhem às tendências do mercado.

Dado um conjunto de necessidades, o processo de *technology roadmapping* auxilia na organização de um caminho para desenvolver, organizar e apresentar a informação sobre a situação atual e os problemas críticos do sistema sob análise, bem como sobre os alvos a serem atingidos em certo espaço de tempo. Com isso também se identificam as tecnologias que são necessárias para se alcançar os alvos determinados. Finalmente, *roadmaps* fornecem caminhos alternativos, de forma que a estratégia não precisa ser abandonada, caso algum dos caminhos se revelar mais complicado ou inviável.

Technology roadmapping também pode ser definido como um processo de planejamento que dá aos tomadores de decisão um meio de identificar, avaliar e selecionar alternativas estratégicas para atingir objetivos tecnológicos. Difere significativamente de outras ferramentas de planejamento e análise.

Este método tem sido mais impulsionado pelo mercado (*market pull*), isto é, pelas inovações tecnológicas necessárias para as empresas atenderem a mercados futuros, do que impulsionado pela tecnologia em si mesma

(*technology push*). O que se busca construir é uma visão de futuro (onde a empresa pretende chegar) e quais são as tecnologias necessárias para se chegar até lá.

Por outro lado, fornece roteiros, caminhos para se atingir a visão de futuro, etapa por etapa, auxiliando as empresas e organizações a identificar, selecionar e desenvolver as alternativas tecnológicas corretas e necessárias e criar os produtos adequados para os mercados futuros. O produto esperado de um estudo de *technology roadmapping* é o documento resultante do processo, o *roadmap* ou mapa, considerado como o primeiro passo para a inovação tecnológica. Após isso, deve-se garantir a sua implementação, garantir sua continuidade frente a mudanças de direção das organizações e a todos os outros elementos imponderáveis, capazes de alterar os objetivos futuros de uma organização.

Rinne (2004) considera *technology roadmapping* como uma poderosa técnica para apoiar a gestão tecnológica e o planejamento, especialmente para explorar e comunicar os elos dinâmicos que existem entre recursos tecnológicos, objetivos organizacionais e mudanças no ambiente externo.

Roadmaps têm sido usados para representação, comunicação, planejamento e coordenação e, em um grau diferenciado, para *forecasting* e seleção (priorização) de alternativas. *Roadmaps* tipicamente apresentam um cronograma temporal relacionando tecnologias e produtos. O conjunto central de relacionamentos pode ser aumentado através das conexões com os mercados e ocasionalmente com as instituições envolvidas na compra e venda de insumos e produtos.

Os *roadmaps* buscam auxiliar as empresas a sobreviver em ambientes turbulentos, fornecendo um foco para monitorar o ambiente e meios de acompanhar o desempenho de tecnologias, incluindo aquelas potencialmente disruptivas. Esses mapas podem ser muito simples em relação ao formato, mas apresentam desafios significativos quanto ao seu desenvolvimento. O escopo é geralmente amplo, cobrindo interações conceituais e humanas complexas. Essa técnica se compõe de meios estruturados (e freqüentemente gráficos) para explorar e comunicar os relacionamentos entre mercados em evolução e desenvolvimento, produtos e tecnologias ao longo do tempo (Phall *et al*, 2004).

Roadmaps têm se tornado crescentemente populares, tanto na indústria quanto em instituições governamentais, pois permitem uma visão ampliada do futuro de um determinado campo de estudo, desenhado a partir do conhecimento coletivo e da imaginação de grupos e indivíduos sobre as forças motrizes que atuam no campo sob estudo. Incluem identificação de teorias e tendências, formulação de modelos, identificação de elos entre e dentro da ciência, descontinuidades e *gaps* do conhecimento, interpretação de pesquisas e experimentos.

3. RAZÕES PARA SE ELABORAR UM ROADMAP

Elaborar um *roadmap* tecnológico é crítico quando a decisão sobre o investimento é complexa. O principal benefício do *roadmap* é que este provê informações que permitem tomar melhores decisões sobre investimentos em P&D, pela identificação das tecnologias críticas e dos *gaps* existentes e identificar formas de alavancar investimentos.

O sucesso do desenvolvimento de produtos e a gestão desse processo requerem equipes capazes de gerenciar as complexidades e de se produzir uma série de produtos, com custos e qualidade adequados, usando as tecnologias mais apropriadas. *Roadmaps* propiciam a criação de um plano que integre as necessidades do mercado e do consumidor, a evolução do produto, e a introdução de novas tecnologias logo no início do processo.

O mapa tecnológico auxilia na identificação e solução das lacunas antevistas, atuando como um guia durante a jornada, orientando os tomadores de decisão, os fornecedores, os parceiros e os consumidores. O Albright Strategy Group (2005) apresenta dez razões para se fazer *roadmap*:

1) *Roadmaps* são bons exercícios de **planejamento**. São processos que levam ao exame completo do potencial das estratégias competitivas e apresentam caminhos para sua implementação. As decisões tecnológicas são incorporadas como parte integral do plano, desde seu início e não apenas como elemento posterior;

2) *Roadmaps* incorporam o **tempo** de maneira explícita. Isso auxilia na identificação das tecnologias e capacidade para se dispor delas em um determinado período de tempo;

3) *Roadmaps* **relacionam** estratégias de negócios e dados de mercado com decisões sobre produtos tecnológicos;

4) *Roadmaps* revelam **lacunas** nos planos para desenvolvimento de produtos e tecnologias. Identificam áreas onde se evidencia a necessidade de rápida atuação, antes que se constituam problemas reais, de forma a alcançar os objetivos e soluções desejadas;

5) *Roadmaps* auxiliam na **priorização** dos investimentos com base em tendências fortes. A cada estágio do processo de *roadmapping*, o foco se torna mais delineado em torno de elementos importantes. Os mapas, uma vez elaborados, são apresentados aos tomadores de decisão que, por sua vez, estarão equipados para realizar suas escolhas entre os objetivos da corporação;

6) *Roadmaps* **organizam** um conjunto mais realista de objetivos, considerando a natureza da competitividade do setor ou indústria;

7) *Roadmaps* podem ser considerados como **guias ou manuais**, permitindo à equipe reconhecer e atuar em eventos que requerem mudanças de direção. Parte do processo de desenvolvimento de um *roadmap* é a criação de um mapa de riscos, identificando eventos ou mudanças em condições críticas que sinalizam a necessidade de reavaliar ou rever o plano durante sua execução;

8) O **compartilhamento** de *roadmaps* permite o uso estratégico das tecnologias através de diferentes linhas de produtos. *Roadmaps* cruzados podem ressaltar necessidades comuns, capacidades que precisam ser mediadas, custos de desenvolvimento que podem ser compartilhados, e ainda podem constituir para a organização uma base de dados contendo tecnologias disponíveis e necessidades tecnológicas;

9) *Roadmaps* proporcionam a **comunicação** entre negócios, planos e produtos tecnológicos a toda a comunidade interessada;

10) Finalmente, *roadmaps* **constroem** equipes de desenvolvimento. O processo de *roadmapping* proporciona e requer um entendimento comum entre os financiadores, gestores e responsáveis pela implementação do plano, incorporando idéias e pensamentos dos envolvidos no processo, caracterizando-o como altamente participativo, porém estruturado.

Segundo a Sandia Corporation (2005), o benefício mais significativo do *technology roadmapping* são as informações para que as decisões sobre os investimentos tecnológicos sejam feitas pela identificação de tecnologias críticas e de gargalos tecnológicas, além de identificar caminhos para obter financiamentos para P&D. Pode ser usado também como um instrumento de marketing. Roadmap é crítico quando a decisão sobre o investimento em tecnologia não é clara. Identifica qual é a melhor alternativa, quão rapidamente a tecnologia é necessária ou onde é necessário coordenar o desenvolvimento de múltiplas tecnologias.

Conforme o Albright Strategy Group, há basicamente três grandes tópicos sobre os quais se realizam estudos de *roadmaps*: ciência e tecnologia; indústrias e governos; e, produtos tecnológicos e plataformas. No que tange à ciência e tecnologia, os *roadmaps* podem mostrar os desenvolvimentos futuros de um campo científico ou técnico. O escopo para o campo científico e as aplicações correntes ou potenciais da tecnologia são relacionadas com os desafios chave do campo. A estrutura ou arquitetura do mapa é definida em termos de tendências e potenciais descontinuidades identificadas. Os desafios são, então, relacionados com a evolução do campo sob estudo no mapa. Finalmente, planos de ação para investimentos são definidos para que se alcancem os mais importantes desenvolvimentos identificados.

No que se refere ao setor industrial e nos governos, os *roadmaps* visam descrever o futuro de uma área de conhecimento ou um setor industrial, e também as ações a serem desenvolvidas ao longo do tempo, capazes de impulsionar a indústria ou o setor. A estrutura da indústria e as estratégias-chave da empresa são relacionadas com os desafios técnicos e estes relacionados aos desenvolvimentos tecnológicos identificados.

Roadmaps também podem ser voltados para o desenvolvimento de produtos ou de plataformas de produtos e dependem basicamente das potencialidades de evolução do produto ou plataforma sob consideração.

O sucesso do desenvolvimento de uma plataforma global de produtos requer a gestão das complexidades de se produzir uma série de produtos, com os custos e o design corretos e o uso das tecnologias mais apropriadas. *Roadmaps* para produtos tecnológicos requerem a criação de um plano que integre as necessidades de mercado e do consumidor, a evolução do produto, e a introdução de novas tecnologias no início do desenvolvimento. O mapa deve garantir que as lacunas identificadas sejam supridas e implica no reconhecimento de eventos que podem provocar mudanças de curso no plano original.

4. COMO ELABORAR UM ROADMAP

Conforme Phall *et al* (2004), um *roadmap* pode ser elaborado sob duas perspectivas. A primeira é a perspectiva da empresa – o mapa permite que o desenvolvimento tecnológico seja integrado ao plano de negócios e que o impacto de novas tecnologias e desenvolvimentos de mercado seja avaliado. A segunda perspectiva é multiorganizacional – buscam-se captar as tendências do ambiente, ameaças e oportunidades para um grupo específico de *stakeholders* em relação a uma tecnologia ou área de aplicação.

Na literatura existem variados modelos e metodologias para se elaborar um *roadmap*². Entretanto, há consenso sobre as questões especiais que devem ser levadas em conta para efetivamente se iniciar o processo: a necessidade de se realizar a integração do *market pull*³, *technology push*⁴ e *competitive clash*⁵ nos *roadmaps* e nas atividades de planejamento; o exame dos fatores de impacto óbvios e não óbvios que podem afetar o sucesso dos *roadmaps* em longo prazo; a avaliação do impacto dos fatores externos na implementação do plano estratégico; as estratégias chave para capturar as reações das partes externas e incorporá-las ao processo; e a garantia do apoio de especialistas internos e externos à organização, e, a conseqüente definição dos papéis e atividades no processo, de modo a garantir o bom desenvolvimento do *roadmapping*.

² Ver Phaal *et al* (2004), Sandia (2005), Galvin (2004), Strategis (2005), Petrick & Echols (2004), The Albright Strategy Group (2005).

³ A partir das necessidades identificadas no mercado.

⁴ A partir do estoque de tecnologias disponíveis.

⁵ A partir das disputas entre concorrentes.

Conforme o estudo da Sandia (2005), processos de *roadmapping* podem ser elaborados em três fases distintas, conforme detalhado a seguir.

A primeira fase consta de atividades preliminares, o que inclui **satisfazer as condições essenciais**. Para a realização de um *technology roadmap* há necessidade de participação interna, de várias partes da organização; e externa, de grupos de interesse diferentes, do setor industrial, dos fornecedores e consumidores, bem como de representantes governamentais e da academia, que trazem diferentes perspectivas e horizontes temporais para o processo.

Roadmaps devem ser elaborados a partir de um conjunto de necessidades. É o uso pretendido que define o horizonte temporal e o nível de detalhes que se deseja. É um processo que necessita ser impulsionado pela necessidade percebida (*needs driven*) e não pela solução proposta (*solution-driven*). Essa fase garante que o contexto para o *roadmap* seja especificado. Deve-se identificar porque um *roadmap* é necessário e como será utilizado. Finalmente, é fundamental se definir com clareza o escopo, o limite ou fronteira do tema sob estudo para que o mapa seja desenhado.

A questão do escopo, em relação ao setor industrial, é o passo mais difícil, e consome mais tempo principalmente porque existem vários níveis de necessidades, as quais devem ser decompostas, e diferentes níveis de produtos, subsistemas, componentes e outros que precisam ser mapeados. A definição do escopo de um *roadmap* na indústria deve ser por consenso e pela efetiva participação dos vários participantes no esforço.

A segunda fase está focada no **desenvolvimento efetivo do *roadmap***, e inclui a identificação do “produto” que será o foco do estudo; a identificação dos requisitos críticos do sistema e seus alvos; a especificação das principais áreas tecnológicas; a especificação das forças motrizes da tecnologia (*technology drivers*) e suas metas; a identificação de alternativas tecnológicas e prazos de implementação; a recomendação de tecnologias alternativas que deverão ser buscadas; e, a elaboração do *roadmap* em si.

O relatório preliminar do *roadmap* deve conter a identificação e descrição de cada área tecnológica e seu estado atual; os fatores críticos que podem impedir o bom desenvolvimento do assunto; o mapeamento

das competências que estão em torno das múltiplas tecnologias; os possíveis impactos políticos, econômicos e em pesquisa e desenvolvimento, além de recomendações técnicas e para implementação.

A terceira fase inclui as atividades de **continuidade** que visam a críticas e validação do *roadmap*; indicam uma análise das tecnologias alternativas recomendadas e os objetivos a serem alcançados; o desenvolvimento do plano de implementação; e a revisão e atualização do estudo. É importante garantir que os principais grupos de interesse estejam envolvidos na implementação dos resultados.

O gerenciamento das barreiras organizacionais é um problema a ser enfrentado na elaboração de *roadmaps*; o uso de colaboradores (internos e externos) é crítico no seu desenvolvimento. Há que se considerar o impacto dos interesses individuais, suas expectativas, preocupações e perspectivas no planejamento, execução e gerenciamento de um processo de *roadmapping*, bem como o conjunto de valores e cultura instalados na indústria ou corporação.

Por outro lado, para o Albright Strategy Group (2005), bons *roadmaps* seguem um formato comum, e buscam guiar os desenvolvedores e seguidores a pontos de decisão críticos e esse formato deve buscar clareza do objetivo e das perguntas críticas: por quê; o quê; como e quando (*why-what-how-when*) que devem definir e explicar claramente o plano de ação para alcançar os objetivos vislumbrados, e, finalmente, lista as ações a serem realizadas.

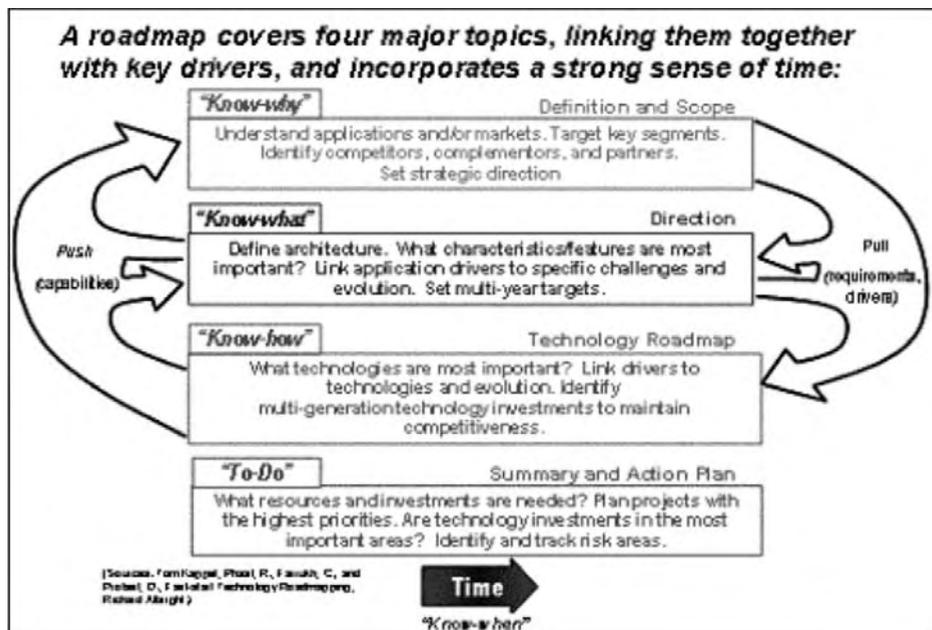
A figura 2 mostra o modelo de uma arquitetura comum de *roadmapping*, conforme explicado a seguir:

- a primeira parte define o domínio do *roadmap*, o escopo, os objetivos, a estratégia para alcançar os objetivos – este é o “por que” (*why*) do *roadmap*;
- a segunda parte define o direcionamento, ou seja, este é “o quê” (*what*) do *roadmap*. O direcionamento inclui desafios, a arquitetura do processo e sua evolução e medidas de performance (alvos) a serem alcançadas;
- a terceira parte descreve a evolução das tecnologias que serão usadas para alcançar os objetivos. Este é o “como” (*how*) do *roadmap*.

- a quarta parte define o plano de ação e os riscos – lista de ações (*to-do's*) do *roadmap*. O plano de ação identifica os desenvolvimentos-chave, os recursos necessários, os riscos associados, e estratégias de desenvolvimento tecnológico.

Como todas as partes de um *roadmap* são dependentes do tempo – isto constitui o “quando” (*when*). Um *roadmap* pode ser construído iniciando com as necessidades chave do mercado e dos consumidores – uma perspectiva de *market pull*. Por outro lado, é possível, também, iniciar-se com uma tecnologia chave e buscar definir as necessidades de mercado que podem utilizar a nova tecnologia – em uma perspectiva *technology push*.

Roadmaps, em geral, possuem uma dimensão temporal, compreendendo um número de camadas que incluem, tipicamente, perspectivas comerciais e tecnológicas, o que possibilita explorar a evolução de mercados, produtos e tecnologias, juntamente com as relações e descontinuidades entre as várias perspectivas. A técnica de *roadmap* permite colocar juntos temas chaves para estratégias tecnológicas e transições, pelo uso de sua estrutura em camadas e a dimensão temporal.



Fonte: <<http://www.albrightstrategy.com/framework.html>>

Figura 2. Formato típico de um *roadmap*

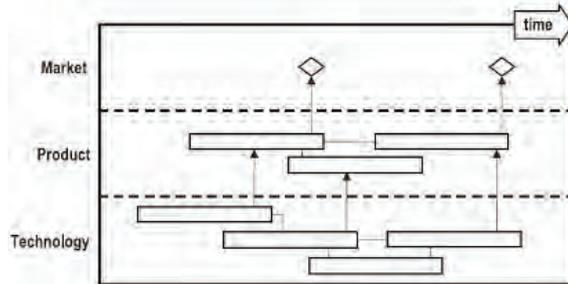
Os três grandes tópicos possuem conjuntos de conteúdos e objetivos mais comuns, conforme apresentado na tabela 1 (abaixo).

Tabela 1. Tópicos, conteúdos e objetivos dos *roadmaps*

	Definition and strategy “know-why”	Direction “know-what”	Technology “know-how”	Action Plan “To-do”
Science and Technology Roadmaps	- Scope of the field - Technology applications	- Technical challenge - Architecture - Trends, discontinuities, and objectives	- Technology elements and evolution - Competitive technologies and costs	- Action programs - Technology investment - IP and standards - Risk roadmap
Industry and Government Roadmaps	- Industry Structure and Position - Customer drivers - Industry direction	- Technical Challenges - Architecture - Trends and Disruptions - Learning and Targets	- Technology elements and evolution - Technology alternatives - Future Costs	- Action programs - Technology investment - IP and standards - Risk roadmap
Product-Technology and Platform Roadmaps	- Market structure and Size - Customer drivers - Competitive strategy	- Product Roadmap - Architecture - Product drivers and targets - Feature evolution	- Technology elements and evolution - Competitive position - Target costing	- Action programs - Technology investments - IP and standards - Risk roadmap

Fonte: <<http://www.albrightstrategy.com/framework.html>>

Para Phaal (2004), o enfoque mais comum é a proposta genérica formulado pelo EIRMA⁶, mostrado na figura 3. O modelo mais comum e mais utilizado de *roadmap* é aquele estruturado em três níveis ou camadas (mercados, produtos e tecnologias), conforme figura 3, embora existam *roadmaps* com maior número de níveis. Esses níveis auxiliam na diferenciação dos elementos constantes do tema sob estudo. Além disso, o horizonte temporal é fundamental para o desenvolvimento de atividades e para o acompanhamento do processo.



Fonte: EIRMA, *apud* Phaal et al, 2004

Figura 3. TRM esquemático, apresentando como a tecnologia pode ser alinhada ao desenvolvimento de produtos e serviços, estratégia de negócios e oportunidades de mercado.

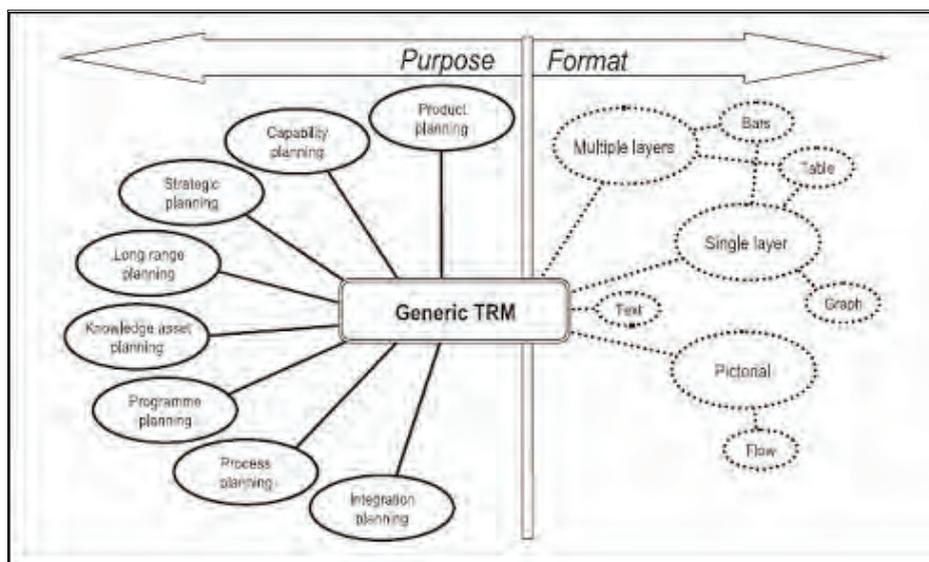
⁶ EIRMA – *Technology Roadmapping – delivering business vision. Working group report, European Industrial Research Management Association, Paris, 52, 1997.*

Os mapas tecnológicos têm sido adaptados por organizações para apoiar diferentes objetivos estratégicos. Assim, o termo pode se referir a muitas técnicas e abordagens correlatas. Contudo, a principal característica e benefício do conceito de *technology roadmaps* é o uso de uma estrutura com um cronograma temporal (freqüentemente gráfica) para desenvolver, representar e comunicar planos estratégicos, em termos da co-evolução e desenvolvimento de tecnologias, produtos e mercados.

5. TIPOS, PROPÓSITOS, FORMATOS E USOS DE ROADMAPS

A literatura apresenta vários tipos, abordagens e classes de *roadmaps*. Esses podem assumir várias formas, ter vários propósitos e formatos, sendo a mais comum apresentada na figura 3. É importante definir o objetivo macro para permitir a melhor escolha do tipo de *roadmap* (ou uma combinação destes) e seus usos chave, de modo a melhor atender às necessidades de sua organização.

Um exame de aproximadamente 40 *roadmaps* revela um grande número de tipos, que foram agregados em 16 grandes áreas e se referem a propósitos e formatos gráficos, de acordo com as observações em suas estruturas e conteúdos (Phaal *et al*, 2004), conforme figura 4 a seguir.

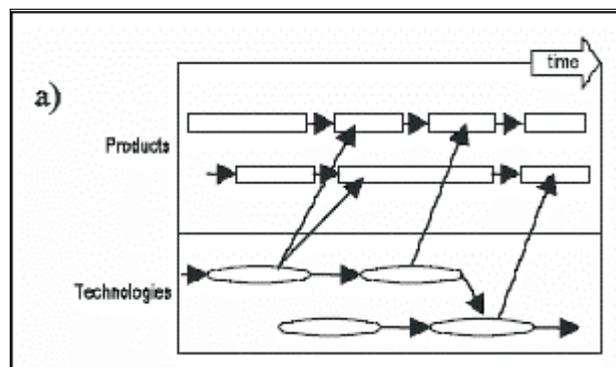


Fonte: Phaal *et al*, 2004

Figura 4. Caracterização do TRM – objetivo e formato

Phaal *et al* (2004) identificaram oito diferentes *roadmaps* em termos de formatos em uso por empresas, ou seja, com múltiplos níveis, com barras, tabelas, gráficos, representações pictóricas e textos. Entretanto, todos eles têm elementos comuns: envolvem ciclos inter-relacionados – para tecnologias e para mercados – que apresentam interfaces com a dinâmica competitiva da indústria. Em geral, identificam as tecnologias relacionadas e produtos existentes e planejados, e destacam os desenvolvimentos tecnológicos conhecidos que são antecipados e os elementos que serão necessários para o desenvolvimento bem-sucedido de novos produtos. Esses mapas também identificam os investimentos em P&D necessários para desenvolver as tecnologias e integrá-las aos novos produtos ou sistemas.

a) **Planejamento de produto:** é o tipo mais comum de *roadmap*, relacionado à inserção da tecnologia em produtos manufaturados, na maior parte das vezes incluindo mais de uma geração de produtos. A figura 5 mostra um *roadmap* da Philips onde este enfoque foi adotado. O exemplo mostra como roadmaps são usados para ligar planejamento tecnológico e desenvolvimento de produtos.

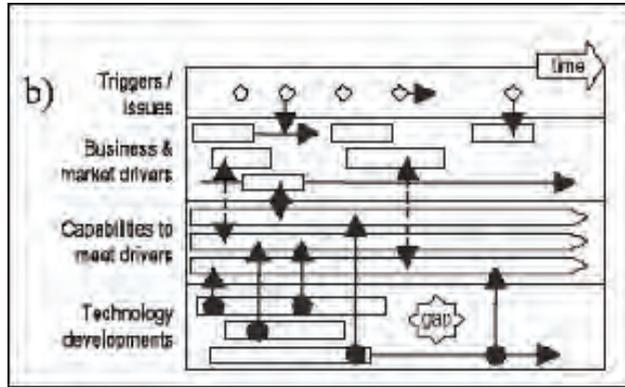


Fonte: Phaal *et al*, 2004

Figura 5. Planejamento de produto – Philips

b) **Planejamento de serviços/capacidade:** mais adequado a empresas de serviços, é focado em como a tecnologia dá suporte a capacidade organizacional. A figura 6 mostra o Royal Mail *roadmap*, baseado numa aplicação inicial de planejamento tecnológico, usado para investigar o impacto do desenvolvimento tecnológico nos negócios.

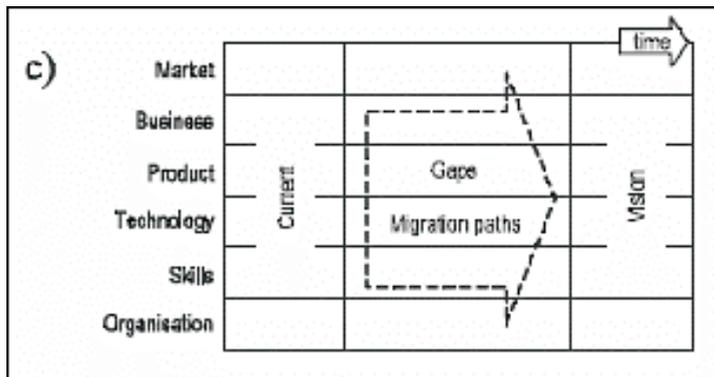
Focaliza mais as capacidades organizacionais como a ponte entre a tecnologia e os negócios, mais do que os produtos.



Fonte: Phaal *et al*, 2004

Figura 6. Planejamento de serviços/capacidade – Royal Mail

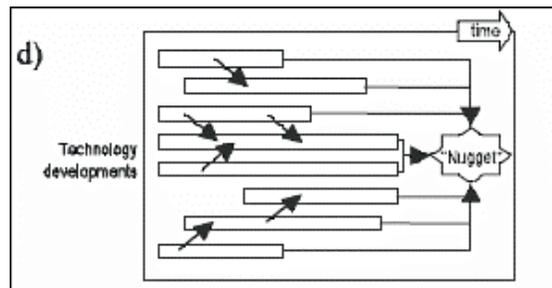
c) **Planejamento estratégico:** esse tipo é adequado para avaliação da estratégia global, em relação à avaliação de diferentes oportunidades ou ameaças, tipicamente no nível dos negócios. A figura 7 mostra o *roadmap* com a visão dos negócios futuros, em termos de mercado, negócios, produtos, tecnologias, competências, cultura, etc. *Gaps* são identificados pela comparação da visão de futuro com a posição atual e as opções estratégicas exploram as pontes entre os *gaps*.



Fonte: Phaal *et al*, 2004

Figura 7. Planejamento estratégico

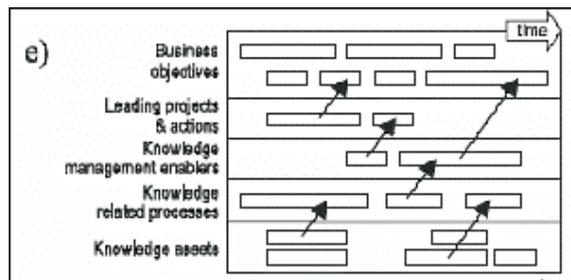
d) **Planejamento de longo prazo:** apoio ao planejamento de longo prazo, estendendo o horizonte de planejamento. Este tipo de *roadmap* é muitas vezes realizado em nível setorial ou nacional (*foresight*) e pode constituir um radar para a organização identificar tecnologias e mercados potencialmente disruptivos. A figura 8 mostra um de uma série de *roadmaps* desenvolvidos pela U.S. Integrated Manufacturing Technology Roadmapping Initiative. Esse exemplo enfoca sistemas de informação, mostrando como os desenvolvimentos tecnológicos devem convergir para a *information-driven seamless enterprise*.



Fonte: Phaal *et al*, 2004

Figura 8. Planejamento de longo prazo – U.S. Integrated Manufacturing Technology Roadmapping Initiative

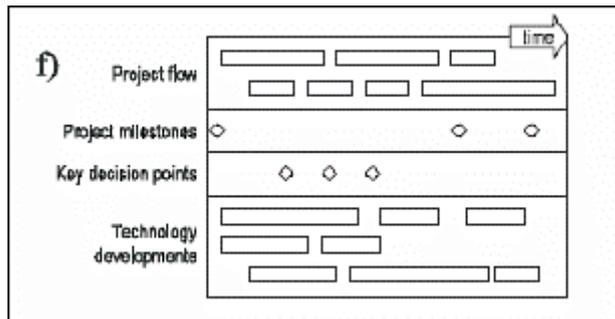
e) **Planejamento do capital intelectual:** alinha iniciativas relacionadas ao capital intelectual e gestão do conhecimento com os objetivos do negócio. A figura 9 mostra um exemplo desenvolvido pela *Artificial Intelligence Applications Unit - University of Edinburgh*, permitindo às organizações visualizarem os seus conhecimentos críticos e as relações entre competências, tecnológicas e habilidades necessárias para atender às demandas dos mercados futuros.



Fonte: Phaal *et al*, 2004

Figura 9. Planejamento do capital intelectual - Artificial Intelligence Applications Unit University of Edinburgh

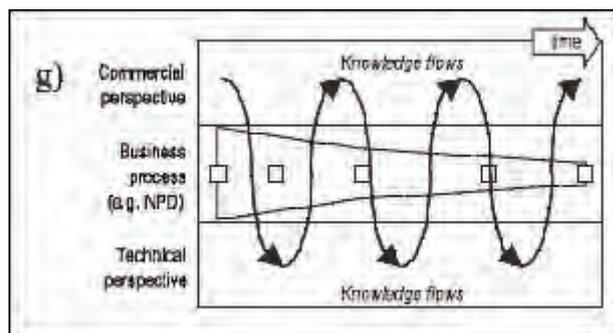
f) **Planejamento de Programas:** enfoca a implementação de estratégias e mais diretamente o planejamento de projetos (por exemplo, programas de P&D). A figura 10 mostra o *roadmap* da Nasa para o programa *Origins*, usado para explorar como o universo e a vida se desenvolveram.



Fonte: Phaal *et al*, 2004

Figura 10. Planejamento de programas – Nasa

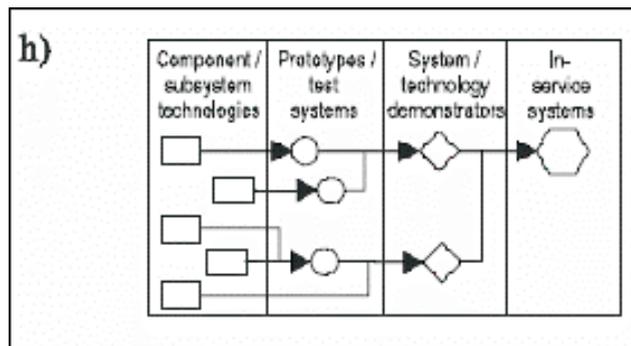
g) **Planejamento de processos:** apoio à gestão do conhecimento, focalizando um processo em particular (por exemplo, o desenvolvimento de um novo produto). A figura 11 mostra um *roadmap* desenvolvido para apoiar o planejamento de produto, enfocando os fluxos de conhecimento necessários para facilitar o desenvolvimento e introdução do novo produto, incorporando perspectivas técnicas e comerciais.



Fonte: Phaal *et al*, 2004

Figura 11. Planejamento de processos

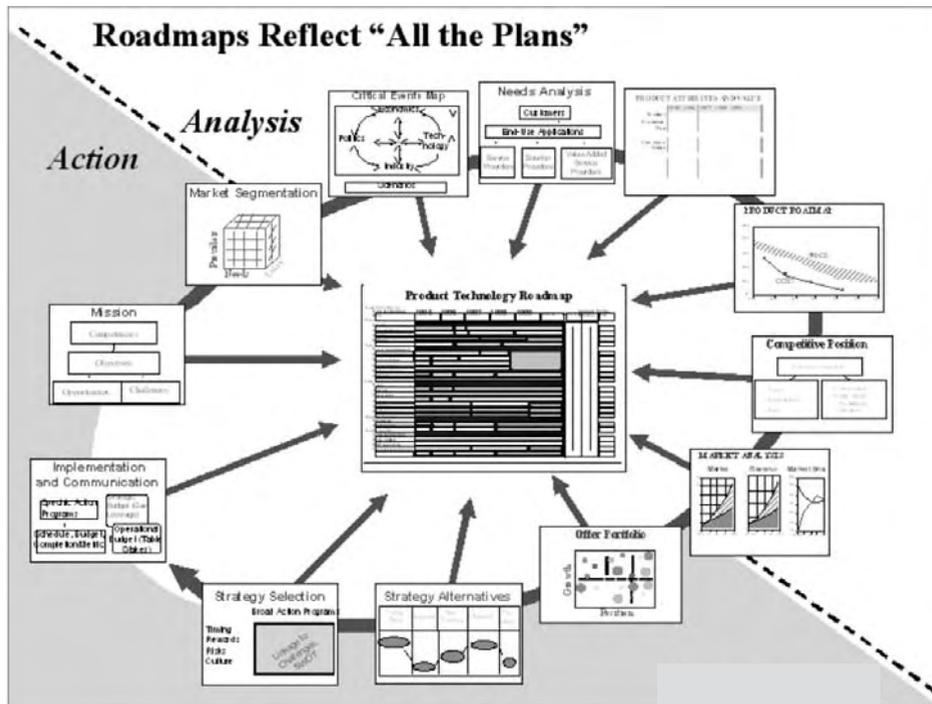
h) **Planejamento de integração:** enfoca a integração e/ou evolução da tecnologia em termos de como diferentes tecnologias combinam com produtos e sistemas, ou como formar novas tecnologias, muitas vezes sem mostrar a dimensão tempo explicitamente. A figura 12 mostra um *roadmap* da Nasa, relacionado à gestão de um programa de desenvolvimento, mostrando o fluxo da tecnologia, como ela se enquadra em sistemas de teste e de demonstração, para dar suporte a missões científicas.



Fonte: Phaal *et al*, 2004

Figura 12. Planejamento de integração – Nasa

Segundo Radnor (1998), um *roadmap* de produto reflete todas as estratégias da unidade de negócios (figura 13). Os fatores críticos de sucesso para o processo de desenvolvimento da estratégia são o engajamento e envolvimento do líder da unidade de negócios para criar e apropriar-se da estratégia e planos de ação associados. Como resultado, é necessário que o time do *roadmap* use os dados e pressupostos do plano de negócios quando for desenvolver o *roadmap*. Isto é vital porque são os meios pelos quais a tecnologia e a arquitetura são ligadas à cadeia de valor do negócio. Isto significa que o *roadmap* é mais uma das ferramentas estratégicas, sujeita aos mesmos erros e omissões encontrados nos processos de planejamento da empresa como um todo. O que se espera é que quando se ganha experiência em sua aplicação, melhores resultados sejam obtidos.



Fonte: Radnor, 1998

Figura 13. Roadmaps refletem todos os planos

Em um exemplo hipotético (figura 14), o *roadmap* sobre hardware apresenta visualmente as mudanças esperadas e/ou necessárias em tecnologias-chave que atenderiam às necessidades e desempenho desejados pelos consumidores. Os componentes, subsistemas e tecnologias habilitadoras importantes, isto é, os *clusters* tecnológicos, são apresentados num horizonte de tempo (linha) na matriz. As células no meio mostram a evolução esperada das tecnologias. A importância da tecnologia pode ser diminuída (redução da coloração) se houver redução dos investimentos internos para a próxima meta de melhoria. Isso representa uma ligação natural com planos de desenvolvimento mais detalhados, mas a redução da cor poderia ser usada, também, para destacar outras preocupações mais significativas para o planejamento. Cada *cluster* tecnológico é identificado pela importância e posição competitiva relativa da empresa, hoje e no futuro. Baseadas nas necessidades (a importância do *cluster* tecnológico) e na capacidade da empresa (competências e habilidades), decisões relativas a investimentos podem ser tomadas ou revistas. Este tipo de *roadmap* permite revisões rápidas e que se façam

perguntas, aquilo que um dos diretores do Bell Labs descreveu como “as perguntas certas”.

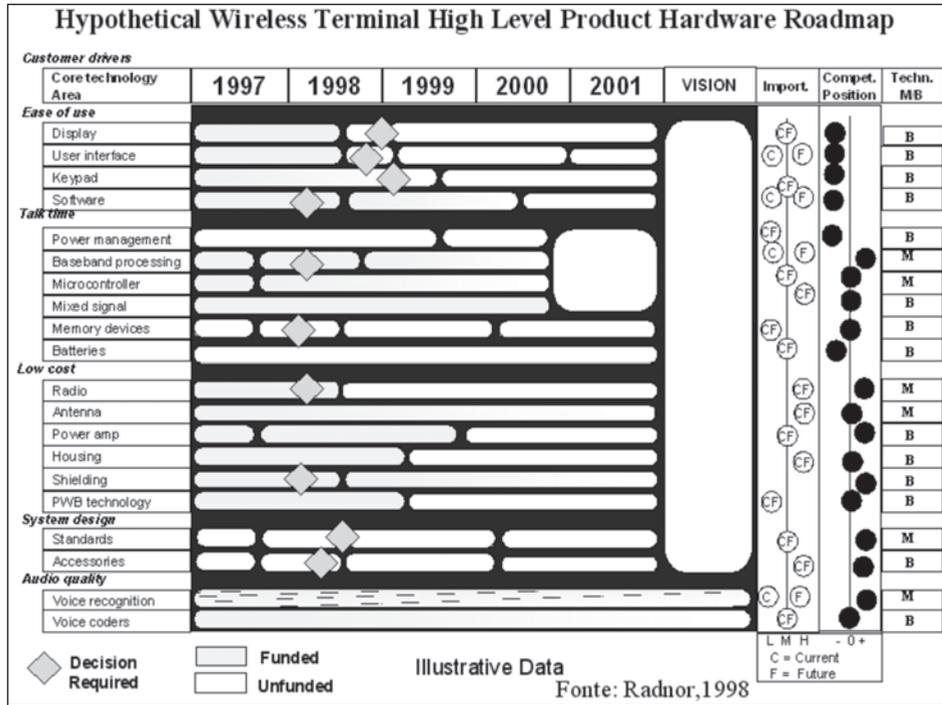


Figura 14. Roadmap hipotético sobre hardware Fonte: Radnor, 1998

6. ABORDAGEM T-PLAN FAST-START

Muitos autores analisam as etapas chave para o processo de *technology roadmapping*. No entanto, muitos deles não incluem a etapa de aplicação do *roadmap*, e, de forma a cobrir esta lacuna, um grupo de pesquisadores ingleses criou uma abordagem conhecida como *t-plan fast-start*⁷.

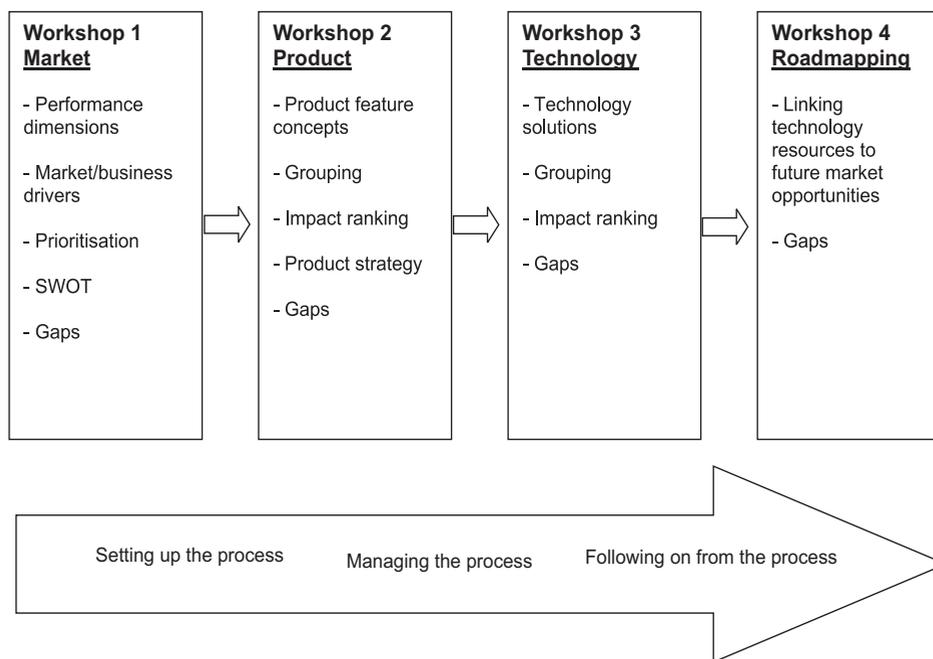
A abordagem *t-plan fast-start* foi desenvolvida como parte de projeto de pesquisa, onde mais de 20 *roadmaps* foram desenvolvidos em colaboração com várias empresas em vários setores industriais. Este processo envolve duas abordagens, uma considerada padrão e outra que

⁷ *T-plan fast-start* approach é um aperfeiçoamento do método para realizar exercícios de *technology roadmapping*. Foi desenvolvido por pesquisadores da Cambridge University's Centre for Technology Management at the Institute for Manufacturing. <<http://www.ifm.eng.cam.ac.uk/ctm/publications/tplan/>> Acesso em 20.10.2005.

é flexível e capaz de ser adaptada a diferentes contextos. A experiência e o aprendizado resultantes do *t-plan* foram convertidos em um guia prático para aplicação do método *roadmapping* nas organizações (Phaal *et al.*, 2004).

O *t-plan* padrão, apresentado na figura 15, compreende quatro workshops de facilitação: os primeiros três focalizando as três camadas do *roadmap* (mercado/negócios, produtos/serviços; e tecnologia). Ao final, colocam-se as três camadas em conjunto, de acordo com o horizonte temporal, para que se defina o mapa, e esse é preparado após a identificação e compreensão das relações entre os vários níveis e subníveis. Aspectos de coordenação e planejamento são também considerados importantes para o sucesso do projeto.

O *t-plan* pode ser customizado devido a sua grande flexibilidade, podendo ter níveis e subníveis adaptados a cada caso em particular; o formato gráfico é selecionado de acordo com a informação que se deseja comunicar no *roadmap*; e pode ainda levar em conta o conjunto de processos já existentes na organização, ferramentas e fontes de informação, com as quais os *roadmaps* necessitam conhecer e se integrar.



Fonte: Phaal *et al.* 2004

Figura 15. Passos do *t-plan* padrão

As necessidades de customização necessitam ser vistas e tratadas durante a fase de planejamento das atividades, e a arquitetura e o processo de *roadmapping* precisam ser levados em paralelo. Todo o processo é criativo e de natureza não-linear. Uma lista de atividades é normalmente utilizada nas aplicações do *t-plan*, como base para discussões mais focalizadas, que prosseguem até que as partes interessadas tenham chegado a um acordo sobre as decisões tomadas.

Para que se possa visualizar o contexto de um exercício, utilizando a abordagem *t-plan*, é fundamental que se possa definir os seguintes elementos:

- escopo: definir os limites do tema de interesse;
- foco: o ponto principal que define a necessidade e impulsiona a realização de um *roadmap*;
- objetivos: o objetivo ou conjunto de objetivos que se espera atingir no *roadmapping* e em que horizonte temporal tais objetivos devem ser alcançados;
- recursos: verificar o nível de recursos de que dispõe a organização, em termos de recursos humanos, infra-estrutura e recursos financeiros;
- arquitetura: definir os aspectos cronológicos do *roadmap*, bem como sua estrutura em níveis e subníveis;
- processo: é fundamental o planejamento do processo (em níveis macro e micro) para a tomada de decisões ao longo do caminho, a construção do mapa, a identificação e a concordância sobre ações para manutenção futura do *roadmap*;
- participantes: o número de participantes envolvidos em cada workshop depende do contexto específico, mas sugere-se o envolvimento de especialistas e de representantes com perspectivas comerciais e técnicas.
- fontes de informação: é importante que um *roadmapping* conte com a existência de fontes de informação especializadas e disponíveis quando necessárias. As informações-chave devem ser selecionadas antes da realização dos workshops e incluídas em todas as etapas subsequentes do *roadmap*.

No contexto de uma arquitetura de multiníveis, Phaal *et al*, (2004) consideram fundamental que os aspectos-chave do conhecimento sobre negócios sejam capturados, estruturados, compartilhados e que se

obtenha acordo sobre questões estratégicas identificadas e ações concretas. O alinhamento do propósito (*know-why*), com os objetivos e estratégias (*know-what*), e os recursos tecnológicos (*know-how*) e o tempo (*know-when*) são os fatores que permitem alcançar um bom equilíbrio entre o *market pull* e *technology push*.

A aplicação do *t-plan* a um grande número de contextos organizacionais e estratégicos já provou a flexibilidade do método, e o mesmo pode ser customizado para qualquer aplicação em particular, em termos de arquitetura e de processo.

7. ROADMAPS PARA CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Roadmaps para ciência e tecnologia constituem pontes entre os conceitos de *technology foresight* e de *technology planning* por meio dos inúmeros relacionamentos entre aplicações tecnológicas, avanços tecnológicos potenciais e planos de investimentos para realizar esses avanços.

A tabela abaixo apresenta alguns elementos essenciais que um *roadmap* de ciência e tecnologia deve conter.

Tabela 2. Componentes de um *roadmap* em ciência e tecnologia

Definição e Estratégia	1. Elementos de Ciência e Tecnologia	Definição do escopo da área
	2. Aplicações tecnológicas	Onde e quando as tecnologias se transformarão em inovação (uso) – “os porquês”
Direção	3. Arquitetura	Como os elementos se integram e interagem
	4. Desafios	Objetivos e metas de desempenho para os elementos tecnológicos – “o que”
	5. Tendências e Descontinuidades	Desempenho e tendências de crescimento, curvas de experiência e possíveis rupturas
<i>Technology Roadmap</i>	6. Elemento de evolução tecnológica	<i>The technology roadmap</i> / O mapa tecnológico – “como”
	7. Posição técnica competitiva	Enfoque competitivo para os desafios – Tecnologias competitivas
Plano de Ação	8. Plano de ação	Estratégia tecnológica, recursos e prazos de investimentos em tecnologias – “o que fazer”
	9. Propriedade Intelectual e Padrões	Necessidades, barreiras, ações para ter acesso, proteção, influência
	10. Mapa de investimentos tecnológicos	Prioridades de investimentos em tecnologia
	11. Mapa do risco	Indicadores chave de risco para os planos. Rastreamento de necessidades de mudança

Fonte: The Albright Strategy Group, 2005.

8. ROADMAPS DE TECNOLOGIAS DISRUPTIVAS

Um outro tipo diferente de *roadmap* que começa a ser considerado é baseado em tecnologias disruptivas. Tecnologias disruptivas podem advir de uma nova combinação das tecnologias existentes ou de novas tecnologias com aplicações em áreas-chave ou a partir de novos desafios de comercialização que podem resultar em mudanças de paradigma, de modo radical, na tecnologia do produto, ou criar produtos inteiramente novos. (Walsh & Linton, 2000).

Produtos baseados em tecnologias disruptivas promovem melhorias radicais nos padrões existentes no mercado, ou produzem produtos e serviços que causam o surgimento de novas empresas ou indústrias. Essa mudança define uma nova plataforma para um produto que, em geral, é muito diferente de um outro produto, lançado no mercado contendo apenas uma inovação incremental.

Tecnologias disruptivas criam riqueza para os setores industriais onde são usadas, ou criam indústrias totalmente novas por meio da introdução de produtos ou serviços, que são muito mais baratos, melhores e mais adequados à demanda. Essas tecnologias disruptivas muitas vezes também causam mudanças profundas na participação da força de trabalho. Tecnologias disruptivas oferecem uma mudança revolucionária na condução de processos ou operações.

Há duas grandes perspectivas na geração de uma tecnologia disruptiva emergente. A primeira é o enfoque baseado no mercado, onde empresas percebem uma necessidade no mercado e geram as tecnologias necessárias para atender a essa necessidade. Este modelo *top-down* começa com uma mudança no cenário operacional e gera os requisitos para uma tecnologia que resultará em operações disruptivas.

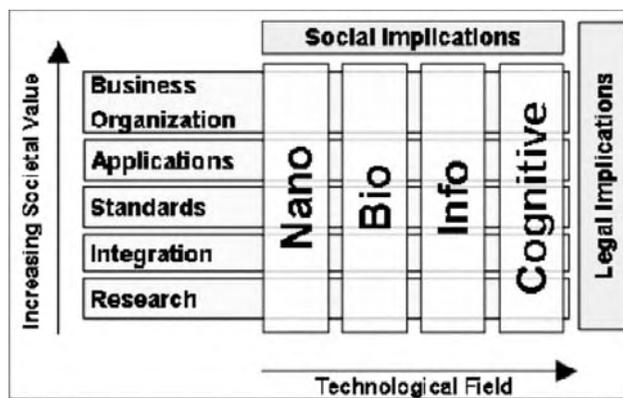
Outro ponto de partida é a avaliação das competências tecnológicas da empresa e verificar se há um nicho de mercado onde as competências essenciais possam ser aplicadas. Esse enfoque *bottom-up* se inicia com as tecnologias que já estão em desenvolvimento ou sendo consideradas para desenvolvimento, e identifica o cenário operacional e os mercados nos quais essas tecnologias poderiam entrar de forma disruptiva.

9. ROADMAPS PARA TECNOLOGIAS CONVERGENTES

Quando se fala em estabelecer prioridades para novos campos emergentes ligados à chamada nova revolução ou convergência tecnológica que relaciona nanotecnologias, biotecnologias, tecnologias da informação e comunicação, ciências cognitivas e materiais, sabe-se que essa abordagem é extremamente mais complexa e de difícil monitoramento.

Existem muitas questões a serem respondidas acerca das tecnologias convergentes. Que invenções terão utilidade prática para tornarem-se inovações de amplo uso, e quando estas estarão disponíveis para a sociedade? Como os diferentes campos do conhecimento vão interagir para produzir inovações? Quais as tendências de mercado e as demandas que irão orientar o desenvolvimento de ações que serão requeridas para uma efetiva comercialização? Quais os fatores chave para as inovações e como podem ser satisfeitos? Quais os riscos envolvidos nas inovações? *Roadmaps* podem auxiliar a responder a estas e outras questões. O escopo das tecnologias convergentes é amplo e necessita-se definir subáreas para aplicar os métodos de *roadmapping* para compreender e expressar em gráficos estas direções.

A arquitetura do *roadmap* define como colocar juntos os diferentes elementos do problema e auxilia na determinação de prioridades do trabalho para alcançar os objetivos do mapa. Um exemplo desta arquitetura é mostrado na figura 16.



Fonte: Albright, 2003

Figura 16: Arquitetura do *roadmap* para tecnologias convergentes

10. USOS E BENEFÍCIOS DO *TECHNOLOGY ROADMAP* E *ROADMAPPING*

Tanto para as empresas individualmente, quanto setorialmente, *roadmaps* têm vários usos potenciais com benefícios visíveis (Sandia, 2005). Os três principais usos são:

- ajudar a desenvolver consenso sobre um conjunto de necessidades e as tecnologias necessárias para satisfazê-las;
- fornecer um mecanismo para ajudar a antecipar desenvolvimentos tecnológicos em áreas selecionadas;
- criar uma estrutura para auxiliar o planejamento e a coordenação de desenvolvimentos tecnológicos, tanto para uma empresa quanto para um segmento industrial.

O principal benefício de um *roadmap* é fornecer informações para auxiliar a organização a tomar melhores decisões sobre investimentos em tecnologia, por meio de:

- identificação de tecnologias críticas ou *gaps* tecnológicos que precisam ser preenchidos para atender o desempenho dos produtos desejados;
- identificação de formas de alavancar investimentos em P&D através da coordenação das atividades de pesquisa, seja em uma única empresa ou por parcerias.

O processo de *technology roadmapping* potencialmente é capaz de:

- apresentar visões e atrair recursos da indústria e do governo;
- estimular pesquisas e monitorar progressos;
- encorajar a formação de redes interdisciplinares e trabalho em times;
- tornar-se um inventário de possibilidades para um determinado campo, estimulando pesquisas mais focadas.

Um benefício adicional é que como um instrumento de marketing, o *roadmap* pode mostrar que uma empresa realmente entende as

necessidades do consumidor, e tem acesso ou está desenvolvendo (internamente ou em parcerias) as tecnologias para atender as suas necessidades.

Os mesmos princípios do *foresight* são aplicados aos *roadmaps* quando se trata de coletar e selecionar os conteúdos. Deve-se sempre incluir o maior número de profissionais nos diversos workshops para permitir que todas as sugestões sejam consideradas, e o consenso e as idéias divergentes que emergem sejam avaliadas de modo coerente. Igual tratamento é normalmente dado a visões minoritárias e opiniões individuais.

A integração de outros métodos e técnicas no processo de planejamento e desenvolvimento de *roadmaps* é normalmente útil tendo em vista que há uma infinidade de maneiras para acessar o conhecimento ou para coletar e tratar a informação. Além disso, a discussão das forças direcionadoras e modeladoras dos avanços tecnológicos e como estas forças impactam a tomada de decisão pode ser realizada através de painéis de especialistas, de matrizes SWOT, de análises dos ambientes externo e interno, com ou sem o uso de softwares especializados. A realização de cenários de futuro é também interessante no sentido de dar flexibilidade ao processo de *roadmapping* podendo apresentar não somente tecnologias alternativas, mas tecnologias alternativas em cenários alternativos, e técnicas de *forecasting* são também amplamente utilizadas quando se busca entender tendências, direções e evoluções temporais de séries de dados.

11. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Embora a atividade de prospecção esteja sendo amplamente praticada pelo mundo, o principal desafio ainda reside em sua implementação. Todavia, sabe-se que a transformação de idéias em ações concretas é o estágio mais desafiador de qualquer estudo desta natureza.

Estudos de futuro são complexos, possuem características multidimensionais e altos níveis de incerteza porque tentam antecipar-se a futuros também incertos afetados por um grande número de variáveis, fatores e aspectos sociais, políticos, ambientais, econômicos, tecnológicos e de valores culturais capazes de alterar ou modificar os caminhos do

futuro. São também conflitantes como consequência da participação de diferentes atores, de diferentes ramos do conhecimento, com diferentes visões, objetivos e expectativas.

Technology roadmapping é uma importante ferramenta para o planejamento tecnológico participativo para empresas, setores industriais, bem como para o governo e para aplicações específicas em ciência e tecnologia. É uma técnica para planejamento tecnológico, que se enquadra em um conjunto maior de atividades de planejamento. Como resultado do *technology roadmapping*, uma empresa ou um setor industrial pode tomar melhores decisões sobre investimentos porque tem melhores informações para:

- identificar necessidades críticas de produtos que irão direcionar as decisões referentes à seleção e ao desenvolvimento de tecnologias;
- determinar as alternativas tecnológicas que poderão satisfazer necessidades críticas de produtos;
- selecionar as alternativas tecnológicas apropriadas;
- gerar e implementar um plano para desenvolver e efetuar os desdobramentos necessários para alternativas tecnológicas apropriadas.

Roadmaps são direcionados pela necessidade e não pela solução. *Technology roadmapping* é um meio de identificar, avaliar e selecionar alternativas tecnológicas que podem ser usadas para satisfazer uma necessidade (Sandia, 2005).

Segundo Phaal (2004), identificar tecnologias disruptivas e sobreviver em mercados turbulentos não é fácil, mas *roadmaps* podem ajudar. Os produtos devem ser vistos como sendo constituídos de um conjunto de subsistemas, cada um dos quais com o seu próprio caminho de inovação e há a necessidade de se articular uma visão clara, comum e compartilhada, preocupando-se ao mesmo tempo com inovações incrementais e radicais.

A abordagem geral do *technology roadmapping* apresenta grande potencial para dar suporte à estratégia e ao planejamento de negócios.

Deve ser reconhecido, no entanto, que não se trata de uma metodologia fechada, e que cada aplicação é uma experiência de aprendizado sendo, portanto, necessário um enfoque flexível e adaptável às circunstâncias particulares.

Muitos dos benefícios dos *roadmaps* derivam do processo em si, mais do que do produto obtido. O processo reúne pessoas de diferentes áreas da organização, criando uma oportunidade de compartilhamento da informação e fornecendo um veículo para considerações holísticas sobre os problemas, oportunidades e idéias novas. Essa comunicação está associada ao processo e a estrutura comum para se pensar sobre planejamento estratégico.

As formas gráficas dos *roadmaps* são poderosos mecanismos de comunicação. Entretanto, apresentam a informação de uma forma altamente sintetizada e condensada. O *roadmap* deve, portanto, se apoiar em uma documentação apropriada.

Os *roadmaps* apresentam, de forma explícita, a dimensão temporal, o que é importante para assegurar que os desenvolvimentos tecnológicos, de produtos ou serviços, de negócios e de mercado sejam efetivamente sincronizados e reflitam a natureza dinâmica e mutável do ambiente tecnológico e de negócios.

O uso de softwares tem um importante papel no suporte à aplicação de *roadmaps*. Apenas o uso do software não produz bons mapas e este deve ser integrado aos aspectos humanos, destacando-se o compartilhamento da informação e o desenvolvimento de uma visão comum para onde a organização deseja e deve ir.

Finalmente, *roadmaps* setoriais ou multiorganizacionais promovem o compartilhamento da informação e facilitam o desenvolvimento de uma visão coletiva que induz a ação e a colaboração.

REFERÊNCIAS

- ALBRIGHT, R. E. *Roadmapping Convergence*. Morristown, NJ, USA: Albright Strategy Group, 2003. Disponível em: http://www.albrightstrategy.com/papers/Roadmapping_Convergence.pdf. Acesso em: 21/11/2005.
- CAMBRIDGE UNIVERSITY. Centre for Technology Management. Institute for Manufacturing. Disponível em: <http://www.ifm.eng.cam.ac.uk/ctm/publications/tplan/>. Acesso em 20.10.2005.
- GALVIN, R. *Roadmapping: a practitioner's update*. Technological Forecasting & Social Change, n. 71, p. 101-103, 2004.
- LOVERIDGE, D. *Technology foresight and models of the future*. Manchester: PREST, 1996. Disponível em: http://www.personal.mbs.ac.uk/dloveridge/documents/futmodpdf_wp4.PDF. Acesso em: 21/11/2005
- PETRICH, I. J. & ECHOLS, A.E. *Technology roadmapping in review: a tool for making sustainable new product development decisions*. Technological Forecasting & Social Change, n. 71, p. 81-100, 2004.
- PHAAL, R.; FARRUKH, C.J.P.; PROBERT, D.R. *Technology roadmapping: a planning framework for evolution and revolution*. Technological Forecasting & Social Change, n. 71, p. 5-26, 2004.
- POPPER, R. & MILES, I. *Treinamento em Foresight*. Colciências, Bogotá, Colômbia, set. 2005.
- PORTER, A. et al. *Technology futures analysis: toward integration of the field and new methods*. Technological Forecasting & Social Change, v. 71, n. 3, p. 287-303, mar. 2004.
- RINNE, M. *Technology roadmaps: infrastructure for innovation*. Technological Forecasting & Social Change, v. 71, n. 3, p. 67-80, mar. 2004
- SANDIA NATIONAL LABORATORIES. Strategic Business Development Department. *Fundamentals of technology roadmapping*. Disponível em : <http://www.sandia.gov/Roadmap/home.htm>. Acesso em: 28/03/2005.
- SARITAS, O.; ONER, M.A. *Systemic analysis of UK foresight results: joint application of integrated management model and roadmapping*. Technological Forecasting & Social Change, n. 71, p. 27-65, 2004.
- SKUMANICH, M.; SILBERNAGEL, M. *Foresighting around the world: a review of seven bent-un-kind programs*. Seattle: Battelle, 1997. Disponível em: www.seattle.battelle.org/service/e&s/foresite. Acesso em 27 jan.2003.

STRATEGIS. *Understanding technology roadmapping*. Disponível em: <http://strategis.ic.gc.ca/epic/internet/intrm-crt.nsf/en/rm00057e.html>. Acesso em: 28/03/2005.

THE ALBRIGHT STRATEGY GROUP. *Roadmaps and roadmapping technology futures strategy*. Disponível em : <http://www.albrightstrategy.com/papers.html>. Acesso em:21/11/2005.

WALSH, S. T. *Roadmapping a disruptive technology: a case study - the emerging microsystems and top-down nanosystems industry*. Technological Forecasting & Social Change, v. 71, n. 3, p. 161-185, mar. 2004.

WALSH, S. T.; LINTON, J. *Infrastructure for emerging markets based on discontinuous innovations*. Eng. Manag. J., v.12, n.2, p. 23-31, 2000.

Resumo

No mundo atual, a habilidade de antecipar-se ao futuro torna-se cada vez mais importante para permitir a remodelação das organizações, aumentando sua capacidade de mover-se em direção a futuros desejados para alcançar bons níveis de desenvolvimento sustentável, de modo a criar riqueza e melhorar a qualidade de vida. Esta habilidade pode se refletir, também, no aumento das capacidades para gerenciar as características conflitantes do processo de tomada de decisão, em curto, médio e longo prazos.

A reflexão sobre as diferentes abordagens, métodos e técnicas para antecipar, modelar e construir o futuro deve ser vista como um meio para aperfeiçoar a atividade prospectiva e seus resultados, ou seja, para buscar responder adequadamente às indagações quanto ao futuro, em seus diversos níveis e interesses. É sempre bom lembrar que existe um amplo espectro de métodos à sua escolha.

Roadmaps falam sobre o futuro. Descrevem um ambiente futuro, os objetivos a serem alcançados considerando esse ambiente, e planejam como estes objetivos serão alcançados ao longo do tempo. *Roadmaps* com essas características básicas são usados para o planejamento e a antecipação em diversas aplicações. Em ciência e tecnologia traçam o desenvolvimento futuro de um campo científico ou técnico e no setor industrial, ou em temas financiados pelo governo tentam descrever o futuro de uma área ou setor industrial, juntamente com ações para impulsioná-los. Finalmente, as empresas usam *roadmaps* para planejar produtos, plataformas, tecnologias, bem como para o planejamento funcional em áreas de produção ou tecnologia da informação, entre outras.

Este artigo apresenta uma revisão da abordagem de *technology roadmapping* (TRM), introduzindo seus princípios, os propósitos e formatos principais. São apresentados alguns processos requeridos para se conduzir bons roadmaps, conforme modelos e aplicações usados por grandes organizações. O texto é baseado na literatura disponível sobre o assunto, notadamente nos trabalhos de Phaal *et al* (2004), Sandia (2005), Galvin (2004), Strategis (2005), Petrick & Echols (2004), e The Albright Strategy Group (2005). Tem por objetivo informar, promover a pesquisa, o desenvolvimento e o uso dos *roadmaps*, tendo em vista que, conforme Galvin (2004) “os roadmaps são, em primeiro lugar, ferramentas para a inovação, representando um inventário de possibilidades para um campo em particular”.

Abstract

The ability to anticipate is, each day, more important to remodel the organizations and increase their capacity to move into desired futures to reach good levels of sustainable development, in order to create wealth and to improve the quality of life.

This ability can also be reflected in the increase of the capacity to manage the conflicting characteristics of the decision making process, in the short, medium and long run.

The different approaches, methods and techniques to anticipate, shape and build the future must be seen as a way to improve prospective activities and its results, that is, to try to answer questions about the future, in different levels and interests. It is always good to remember that there is an ample specter of methods to choose.

Roadmaps point to the future. They describe a future environment, the goals to be pursued considering this environment, and plan how these goals will be reached in a given time. Roadmaps with these basic characteristics are used for planning and anticipating the future in various applications. In science and technology, they shape the future development of a scientific or technical field and in industry or areas funded by government they try to describe the future of an area or industrial sector, together with actions to stimulate them. Finally, companies use roadmaps to plan products, technologies, as well as functional planning in manufacturing or information technology, among others.

*This article presents an overview of technology roadmapping (TRM), introducing its principles, its main purposes and formats. Some required procedures to conduct roadmaps are presented, based upon models and applications used by companies. The text is based upon the available literature on the subject, particularly works by Phaal *et al* (2004), Sandia (2005), Galvin (2004), Strategis (2005), Petrick & Echols (2004), and The Albright Strategy Group (2005). It aims to inform, to promote research and development and the usage of roadmaps, considering that “a roadmap becomes the inventory of possibilities for a particular field, thus stimulating more targeted investigations” (Galvin, 2004).*

Os Autores

GILDA MASSARI COELHO é bibliotecária, doutora em Ciência da Informação e da Comunicação, pela Université Aix-Marseille III (França). É consultora em prospecção em CT&I no CGEE.

DALCI MARIA DOS SANTOS é matemática, mestre em Física pelo IF-UFG. Analista em Ciência e Tecnologia do CNPq. Atualmente é assessora técnica em prospecção em CT&I no CGEE.

MARCIO DE MIRANDA SANTOS é doutor em Genética Bioquímica, é diretor executivo do Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE). Foi diretor do Centro Nacional de Recursos Genéticos (Cenargen/Embrapa).

LÉLIO FELLOWS FILHO é engenheiro Metalúrgico pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). É chefe da assessoria técnica do CGEE.