

Programa de Aperfeiçoamento para Carreiras – 2018

Economia da Inovação

Aula 3

Caetano C. R. Penna

Professor Adjunto de Economia Industrial e da Tecnologia

Instituto de Economia da UFRJ

Pesquisador Associado

Science Policy Research Unit, Universidade de Sussex (Reino Unido)

Agenda de hoje

3. Conceitos fundamentais em economia da inovação

Bibliografia básica e complementar

Bibliografia básica	Bibliografia complementar
<p>Tigre, Paulo B. (2006) <i>Gestão da Inovação: A Economia da Tecnologia no Brasil</i>. Editora Campus/Elsevier.</p> <p>MAIS A DEFINIR.</p>	<p>Geels, F.W. (2010). <i>A guide to the literature for Science, Technology and Innovation studies (STI) and a list of core articles</i>. Mimeo. Brighton: SPRU.</p> <p>Reinert , E. S. 2016. Como os países ricos ficaram ricos... e por que os pobres continuam pobres. <i>Tradução de Caetano Penna</i>. Rio de Janeiro: Contraponto.</p> <p>Mazzucato, M., & Penna, C.C.R. (2016). Beyond market failures: the market creating and shaping roles of state investment banks. <i>Journal of Economic Policy Reform</i>, 19(4), 305-326.</p>

Tecnologia e desenvolvimento tecnológico



TECNOLOGIA: *As ferramentas, o conhecimento e a experiência utilizados na concepção e produção de bens e serviços, incluindo aspectos organizacionais e técnicos. Podem ser:*

CORPORIFICADAS (em máquinas, processos, produtos)

ou

DESINCORPORADAS (como ideias escritas, desenhadas ou nas mentes e habilidades das pessoas)

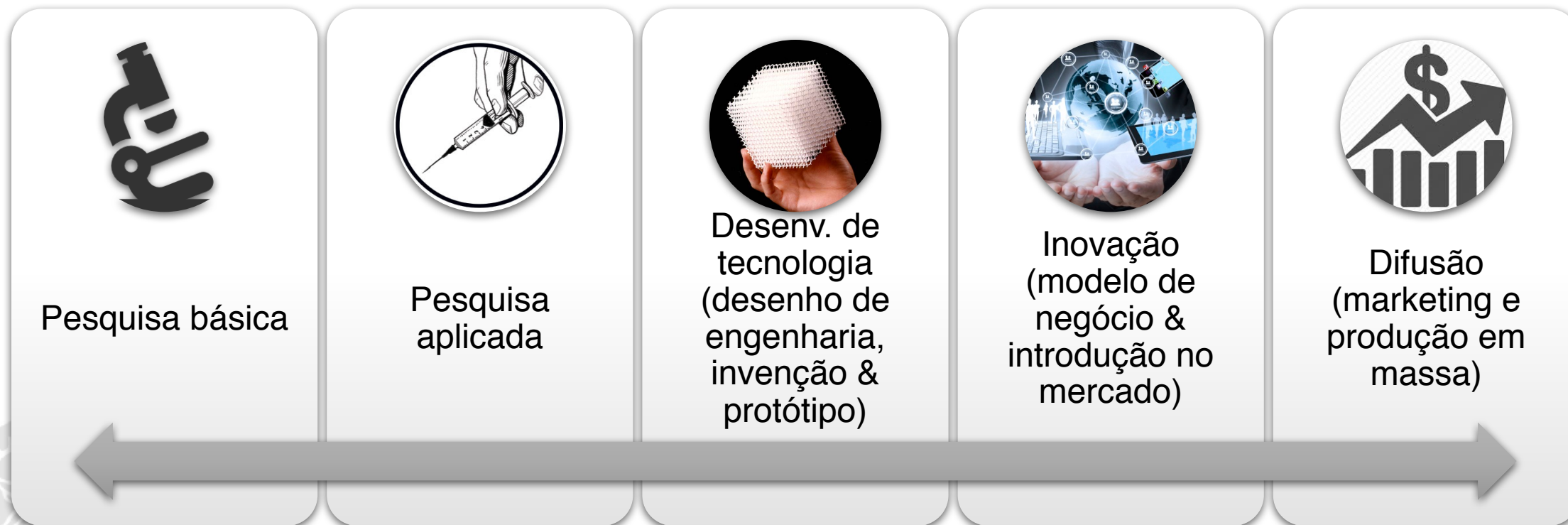
EXPLÍCITAS (em patentes, desenhos de engenharia, manuais de instrução etc.)

ou

TÁCITAS (como *know how* e habilidades em diferentes níveis)

DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO: *O aprimoramento da tecnologia e das pessoas que a utilizam, para alcançar maior produtividade, melhor qualidade, maior variedade, menores custos ou outros objetivos desejados.*

O Modelo Linear de progresso tecnológico



'Empurrão da oferta' (*supply push*)

vs.

'Empuxo da demanda' (*demand pull*)

Nível de Desenvolvimento Tecnológico – *Technology Readiness Level (TRL)*

A abordagem mais utilizada para acessar o grau de maturidade de uma tecnologia é a taxonomia *Technology Readiness Level (TRL)* ou *Nível de Desenvolvimento Tecnológico*, método desenvolvido originalmente pela NASA para apoiar o planejamento de programas de pesquisa de muito longo prazo e relacionados às suas missões aeroespaciais (Mankins, 1995). A relação entre cada TRL e tempo estimado para sua comercialização em larga-escala é complexa, e específica de cada contexto tecno-industrial.

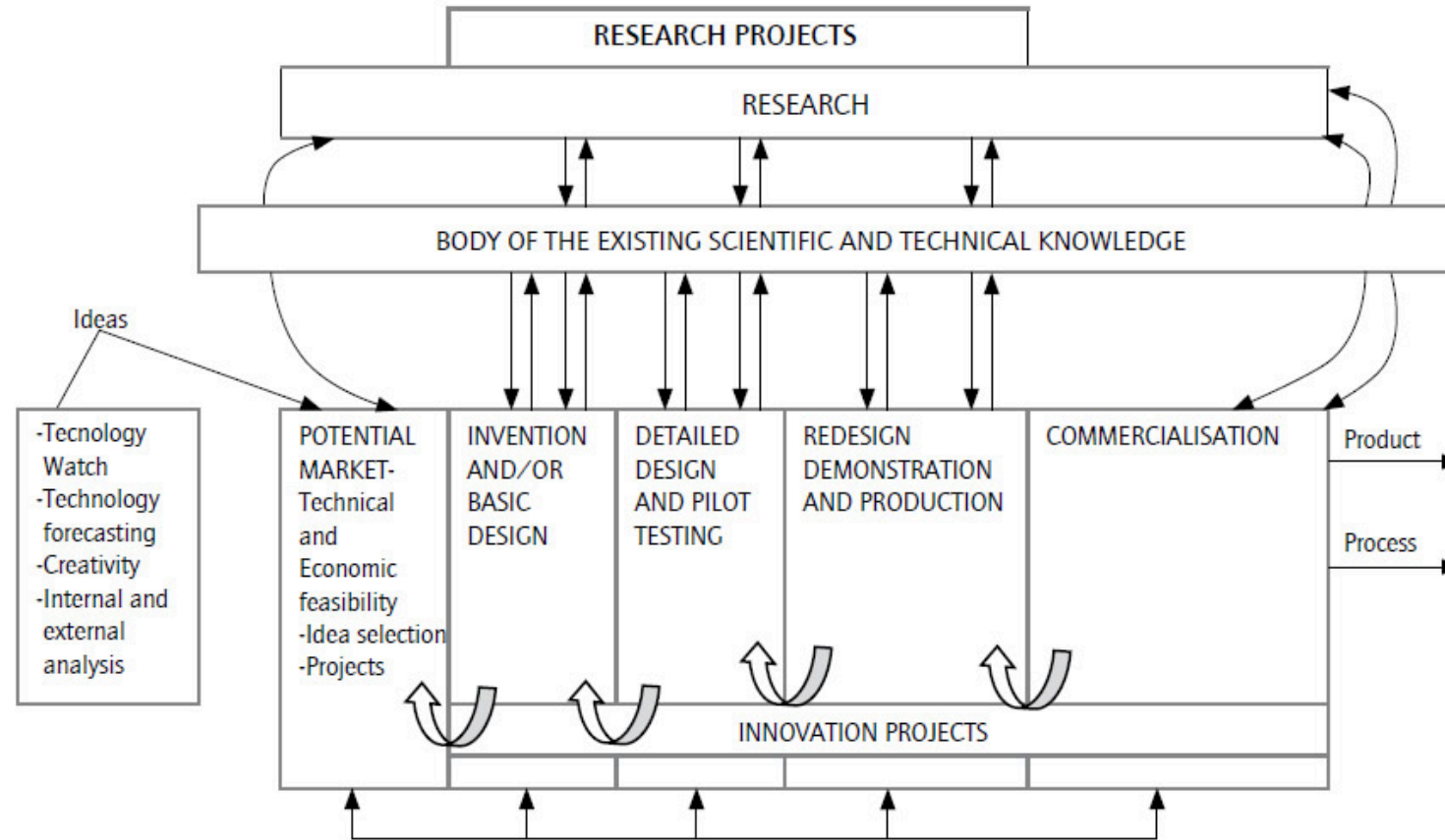
TRL	DEFINIÇÃO
TRL 1	Investigação exploratória transitando ciências básicas em aplicações de laboratório
TRL 2	Conceitos de tecnologia e / ou aplicação formulados
TRL 3	Validação conceitual
TRL 4	Validação do subsistema ou componente em um ambiente de laboratório para simular condições de serviço
TRL 5	Validação inicial do sistema demonstrada em laboratório ou aplicação de campo limitada (ambiente de relevância)
TRL 6	Demonstração inicial do campo e refinamentos do sistema concluídos (ambiente de possível aplicação)
TRL 7	Demonstração completa do sistema (protótipo) em um ambiente operacional (industrial)
TRL 8	Primeira implantação comercial (sistema completo, qualificado e testado)
TRL 9	Implantação comercial em larga-escala

Muitas exceções ao modelo linear...

- Muitas vertentes podem convergir para conformar uma inovação – algumas da ciência, algumas da experiência... algumas da intuição!
- Nem sempre é fácil distinguir a ciência básica da aplicada ou a ciência aplicada da pesquisa tecnológica...
- Existem processos em “ordem” inversa: isto é, tecnologias que levam à ciência (motor a vapor, aviação, fabricação de circuito integrado, etc.)
- Há ainda casos de *serendipity* (“serendipidade”): *Serendipity* é a capacidade de fazer descobertas acidentais, mas fortuitas, especialmente ao procurar por algo totalmente não relacionado. São normalmente invenções ou descobertas que não estavam sendo buscadas; ou que estavam sendo buscadas mas foram feitas de maneira inesperada; ou cujo uso final tornou-se diferente do planejado. Exemplos: velcro, vacina para cólera, microondas, teflon, Coca-Cola, remédio

A Inovação na Firma: o modelo encadeado (*chain-linked model*)

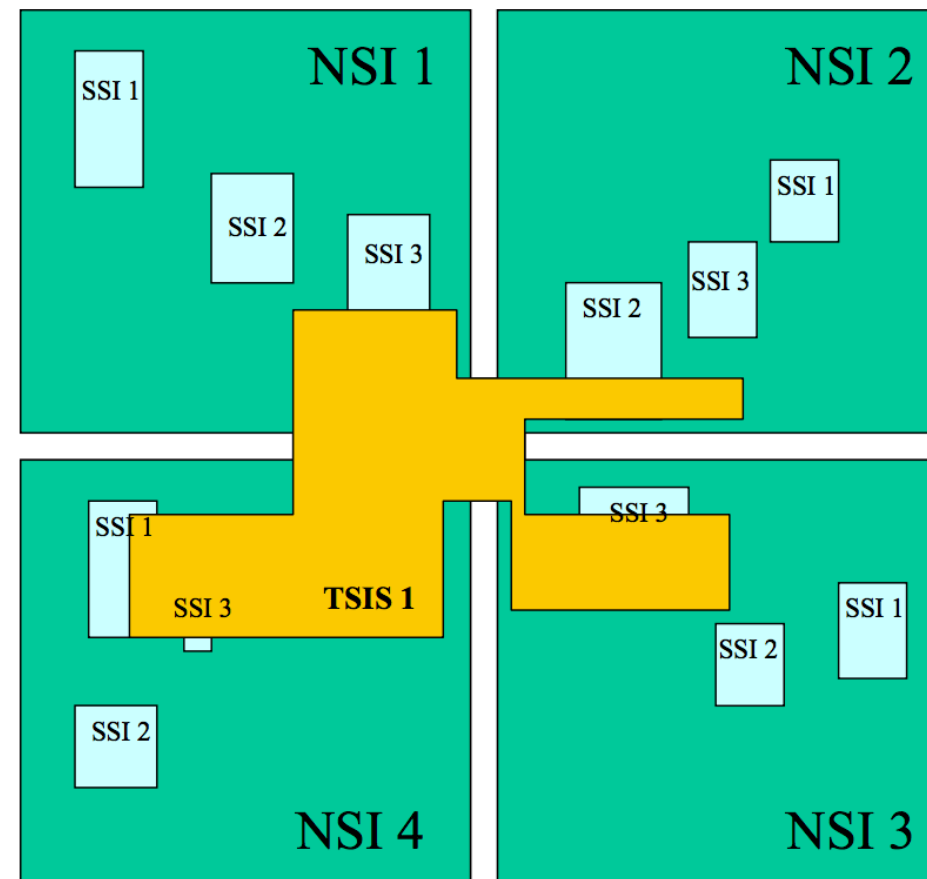
FIGURE 2. Modified Kline Innovation Model



Source: Adapted from AENOR (2006b).

Sistema de inovação e seus tipos

- **Sistema de Inovação Nacional** [Lundvall (1992), Nelson (1993), Freeman (1995), Edquist (1997)]
- **Sistema de Inovação Regional** [Cooke *et al* (1997); Braczyk *et al* (1998)]
- **Sistema de Inovação Setorial** [Breschi e Malerba (1997), Malerba (2002), Malerba (2005)]
- **Sistema de Inovação Local** [Cassiolato, Lastres e Maciel (2003), De La Mothe e Paquet (1998)]
- [Também **Sistemas Tecnológicos**]



Potential relationship between national (NSI) and sectoral (SSI) systems of innovation and a technological system (TS).

Invenção não é inovação

Invenção: Demonstração que um produto ou processo é tecnicamente viável.

Inovação: Introdução comercial de uma invenção no mercado.

TIPOS DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA

Inovação de produto: introdução de um novo produto em um mercado já existente ou de uma nova característica em um produto já comercializado.

Inovação de processo: introdução de um novo método de produção para elaboração de um produto (bem final ou intermediário), seja ele próprio novo ou já comercializado.

Inovação de mercado ou de estratégia: exploração de um novo mercado ou segmento de mercado, ou seja, venda de um produto (bem final ou intermediário) em um (segmento de) mercado anteriormente não contemplado pela empresa.

Inovação em matéria prima ou de infraestrutura: utilização de uma nova matéria prima ou de uma nova infraestrutura na produção de um bem final ou intermediário (incorporação no próprio bem ou no processo produtivo).

Inovação de modelos de negócio ou organizacional: estabelecimento de um novo modelo organizacional (ou de negócio) para a produção de um bem final ou intermediário.

Outros tipos?

Exercício: tipos de inovação

	I-POD	E-BAY	SKYPE	LEITE PASTEURIZADO	UBER
Produto ou serviço					
Processo					
Organizacional					
Novos mercados / estratégia					
Modelo de negócios					

Natureza da inovação

A natureza da inovação descreve o “grau de novidade” ou da carga de “inovatividade” de uma tecnologia. Um denominador comum de muitas dessas tipologias é, justamente, a classificação do grau de novidade das inovações: individualmente, as inovações podem variar num contínuo que vai de *incremental a radical*:

- **Inovação incremental** consiste na introdução de melhorias “menores”, “contínuas” (Freeman e Perez, 1988), ou “evolutivas” (Abernathy e Clark, 1985) em produtos e processos já existentes. A inovação incremental é muitas vezes o resultado do conhecimento existente derivado da experiência ou de rotinas produtivas já estabelecidas (Tidd *et al.*, 2005).
- **Inovação radical** consiste em “eventos maiores e descontínuos” (Freeman e Perez, 1988), mudanças *revolucionárias* de produtos e / ou processos que se afastam e tendem a perturbar os principais elementos de um regime tecnológico. A inovação radical é muitas vezes o resultado de processos de pesquisa e desenvolvimento ativos e deliberados (Freeman e Perez, 1988; Tidd *et al.*, 2005).

Quando associadas em *clusters*, as inovações podem formar **novos sistemas tecnológicos** ou mesmo **revoluções tecnológicas**.

Impacto das inovações

Inovações individuais

Impacto

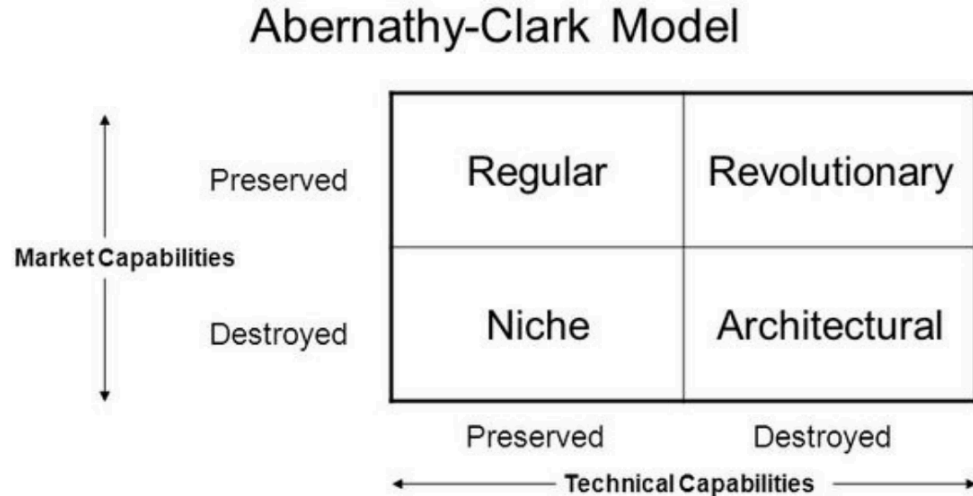
• Incremental	Micro
• Radical	Micro → Meso

Clusters ou Ondas de inovação

Impacto

• Novos sistemas tecnológicos	<pre> graph TD Micro --> Meso Micro --> Macro Meso --> Macro </pre>
• Revoluções tecnológicas (Mudanças em paradigmas tecoeconômicos)	<pre> graph TD Macro --> Meso Macro --> Micro Meso <--> Micro </pre>

A tipologia de Abernathy e Clark (1985)

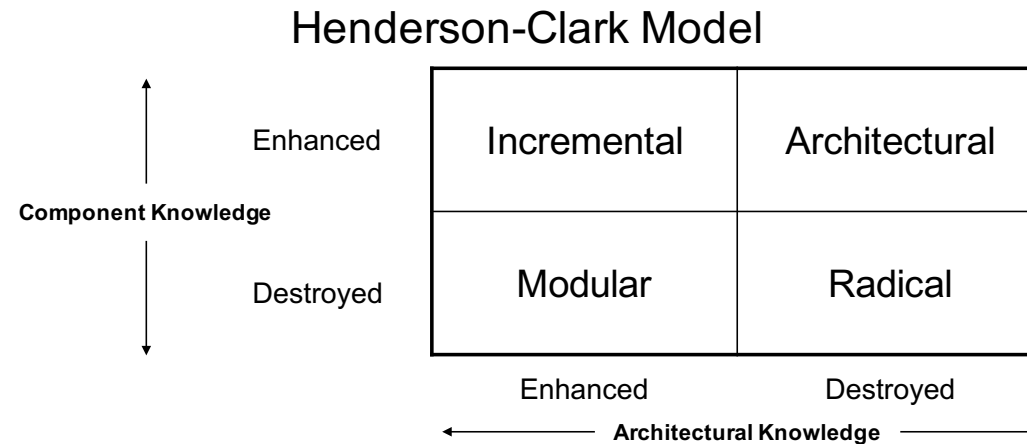


O modelo de Abernathy-Clark oferece uma explicação porque os incumbentes podem superar os novos entrantes em face de algumas inovações “radicais”. O modelo sugere que na verdade existem dois tipos de conhecimento que sustentam uma inovação: tecnológica e de mercado. Assim, as capacidades tecnológicas de uma empresa podem se tornar obsoletas, enquanto suas capacidades de mercado permanecem intactas. Se tais capacidades de mercado são importantes e difíceis de adquirir, um incumbente cuja capacidade tecnológica tenha sido destruída pode usar as do mercado para sua vantagem sobre um novo entrante.

Com foco na perspectiva da empresa inovadora, o modelo classifica as inovações de acordo com seu impacto no conhecimento tecnológico e de mercado existente do fabricante. Uma inovação é regular se conservar as capacidades tecnológicas e de mercado existentes do fabricante, nicho se conservar as capacidades tecnológicas, mas tornar obsoletas as capacidades do mercado, revolucionário se deixar obsoletas as capacidades tecnológicas, mas melhorar as capacidades do mercado e arquitetural se as capacidades tecnológicas e de mercado se tornarem obsoletas.

A tipologia de Henderson e Clark (1990)

Henderson e Clark sugeriram que, como os produtos são normalmente compostos de componentes conectados, construí-los deve exigir dois tipos de conhecimento: conhecimento dos componentes e conhecimento das ligações entre eles, que eles chamam de conhecimento arquitetônico. Uma inovação, então, pode impactar o conhecimento componente ou o conhecimento arquitetônico, ou ambos, com diferentes consequências para a empresa adotá-lo. Eles passaram a definir quatro tipos de inovações. Se a inovação melhora tanto o conhecimento componente quanto o arquitetônico, é incremental; se destrói tanto o conhecimento componente quanto o arquitetônico, é radical. No entanto, se apenas o conhecimento arquitetônico for destruído e o conhecimento do componente aprimorado, a inovação será arquitetônica. O último caso, onde o conhecimento de componente é destruído, mas o conhecimento de arquitetura aprimorado, é chamado de inovação modular.



Com essas definições, ficou claro por que as empresas tinham problemas com o que parecia ser inovação incremental. Eles podem ter confundido a inovação arquitetônica com inovação incremental. Embora o conhecimento de componente necessário para explorar as inovações não tivesse mudado (e, portanto, a aparência de inovação incremental), o conhecimento arquitetônico havia mudado. O conhecimento arquitetônico é frequentemente tácito e incorporado nas rotinas e procedimentos de uma organização, dificultando a identificação e resposta às mudanças.

Trajetórias e Paradigmas tecnológicos (Dosi, 1982)

Um **paradigma tecnológico** tem uma definição tripla (Dosi, 1982, p. 148):

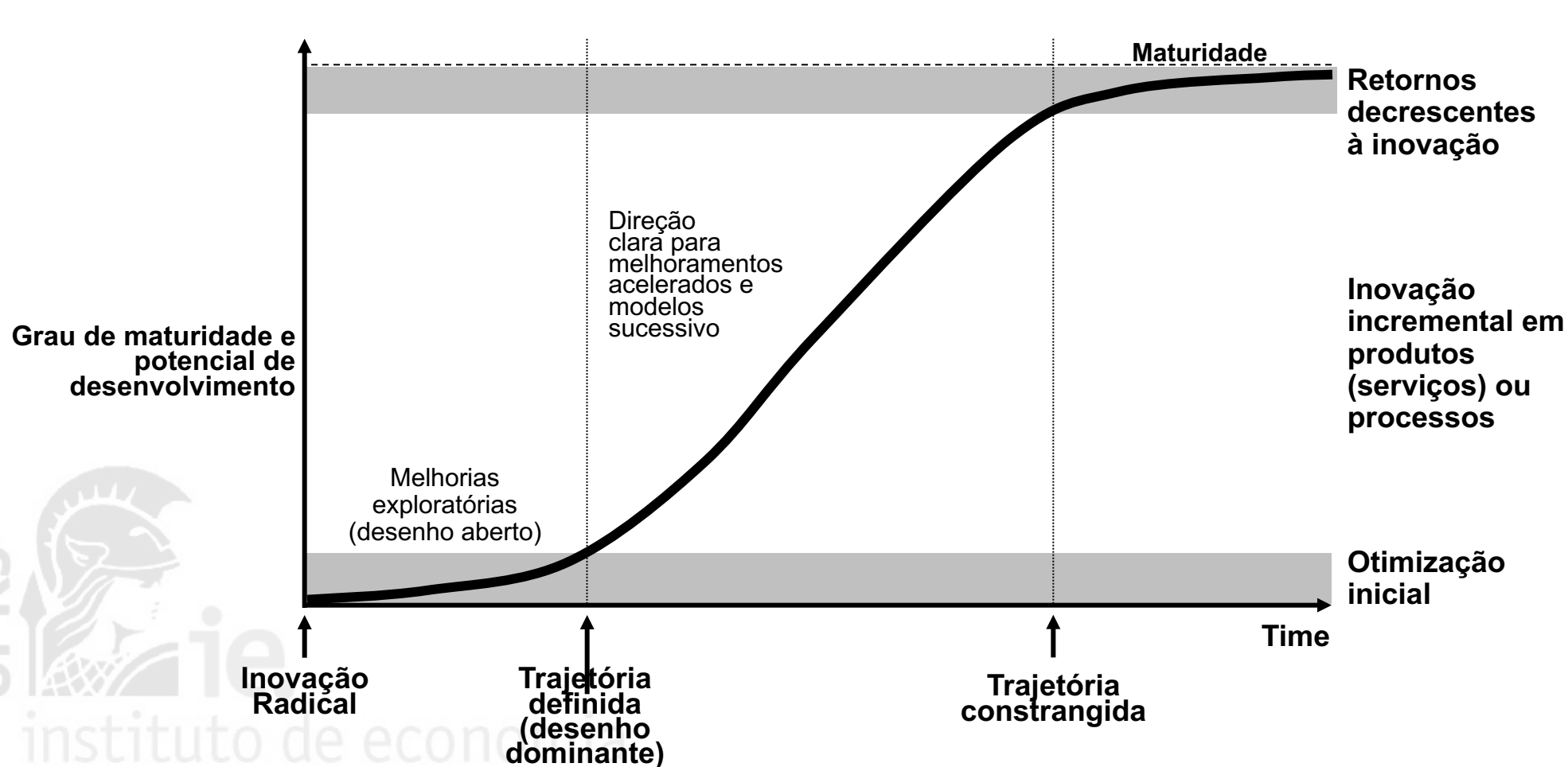
1. Trata-se de uma perspectiva dos problemas produtivos relevantes enfrentados pelas empresas (como produtores de tecnologias ou inovadores);
2. Representa um conjunto de procedimentos (rotinas) de como esses problemas devem ser abordados; e
3. Define os problemas relevantes e os conhecimentos associados necessários para a sua solução.

Uma **trajetória tecnológica**, por sua vez, representa a direção do progresso dentro de um paradigma tecnológico.

O desenvolvimento tecnológico seria uma atividade de solução de problemas; um paradigma tecnológico “incorpora fortes prescrições sobre os rumos da mudança técnica” (p. 152). É por isso que os sinais do mercado são limitados em termos de direcionamento ao desenvolvimento técnico-econômico; eles só funcionam dentro dos parâmetros do paradigma e, portanto, influenciam mais a taxa de mudança do que sua direção. Quando dois ou mais paradigmas tecnológicos competem, os mercados podem influenciar qual deles é selecionado (aquele que minimiza os custos). Uma vez estabelecidos, no entanto, os paradigmas têm um poderoso "efeito de exclusão", pelo qual algumas possibilidades tecnológicas são descartadas porque são incompatíveis com o paradigma predominante e, portanto, são "invisíveis" aos agentes.

Evolução tecnológica desde introdução até a maturidade

A trajetória de uma única inovação radical é uma sucessão de inovações incrementais em ritmos diferentes.



Desenho dominante
(Utterback & Abernathy, 1975)
é o padrão *de facto*; aquele que ganha a preferência do mercado e aquele que os concorrentes e inovadores devem aderir se eles esperam ganhar mercado.
Exemplos?

Dependência de trajetória e Aprisionamento tecnológico (Arthur, 1994; David, 2000)

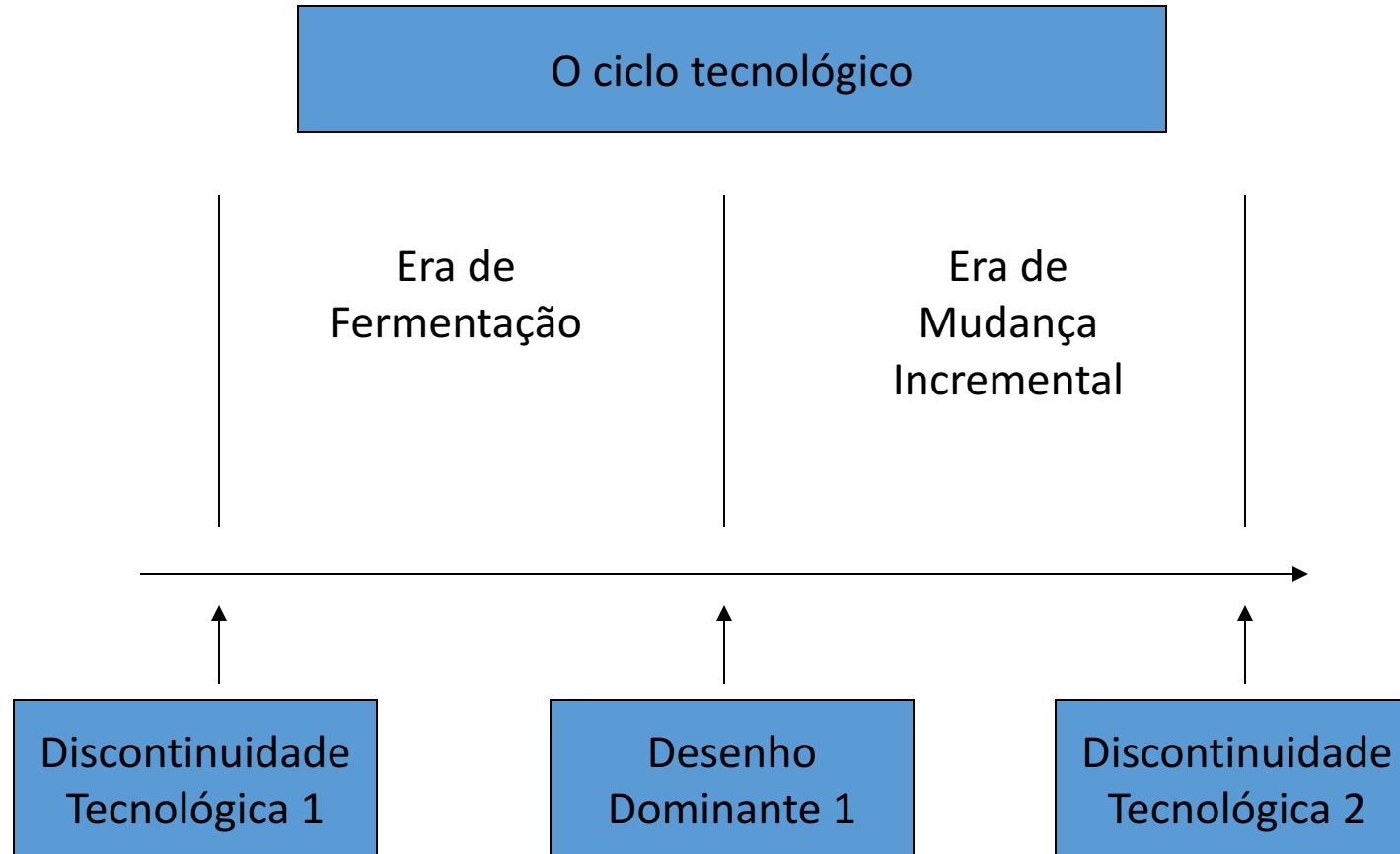
Dependência de trajetória (*path dependance*) explica como o conjunto de decisões que uma pessoa enfrenta por uma determinada circunstância é limitado pelas decisões tomadas no passado ou pelos eventos que a pessoa experimentou, mesmo que as circunstâncias passadas não sejam mais relevantes.

Muitas tecnologias prevalecem independente de superioridade qualitativa simplesmente por conta de decisões iniciais. Exemplo clássico: Teclado QUERTY.

A dependência de trajetória pode levar a **aprisionamento tecnológico** (technological lock-in), por questões e.g. de interoperabilidade, massa crítica, conhecimento e usabilidade, ou mesmo aceitação do mercado, de modo que **o custo de mudar o desenho dominante é muito alto, desincentivando a troca por uma tecnologia superior.**

Exemplo: sistema de transporte individual “aprisionado” à tecnologia de motor a explosão interna.

Modelo de desenho dominante de Anderson e Tushman (1990)



A direção da inovação incremental

Mas o foco muda ao longo da trajetória e em resposta às mudanças de contexto...

Redução de custos de produção

Trabalho
Capital
Materiais
Energia
Etc.

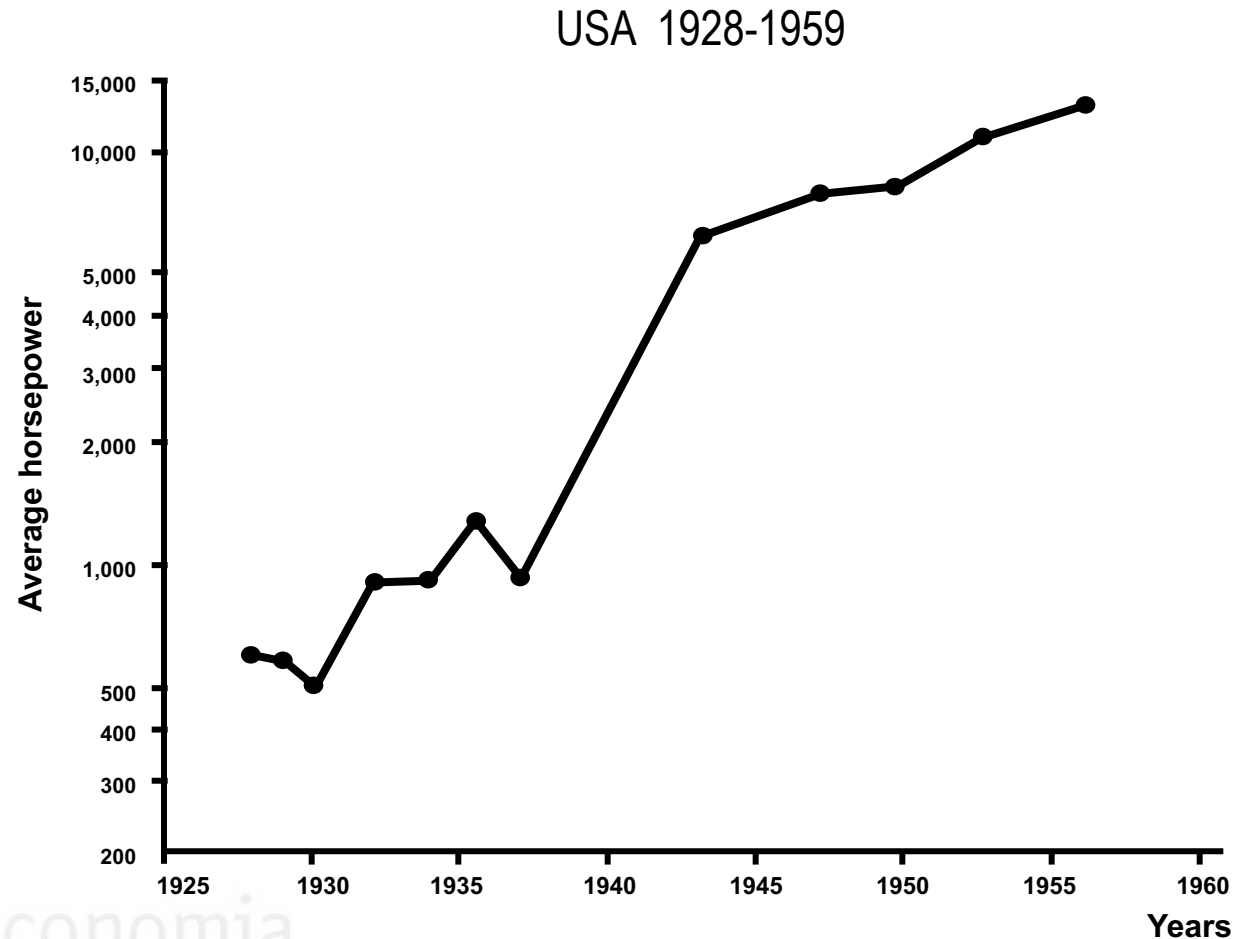
Melhorias qualitativas

Funcionalidade
Qualidade
Facilidade de uso
Aparência
Etc.

Mudanças quantitativas (mais/menos)

Adaptabilidade
Confiabilidade
Custo de operação
Tempo de resposta
Velocidade
Tamanho
Etc.

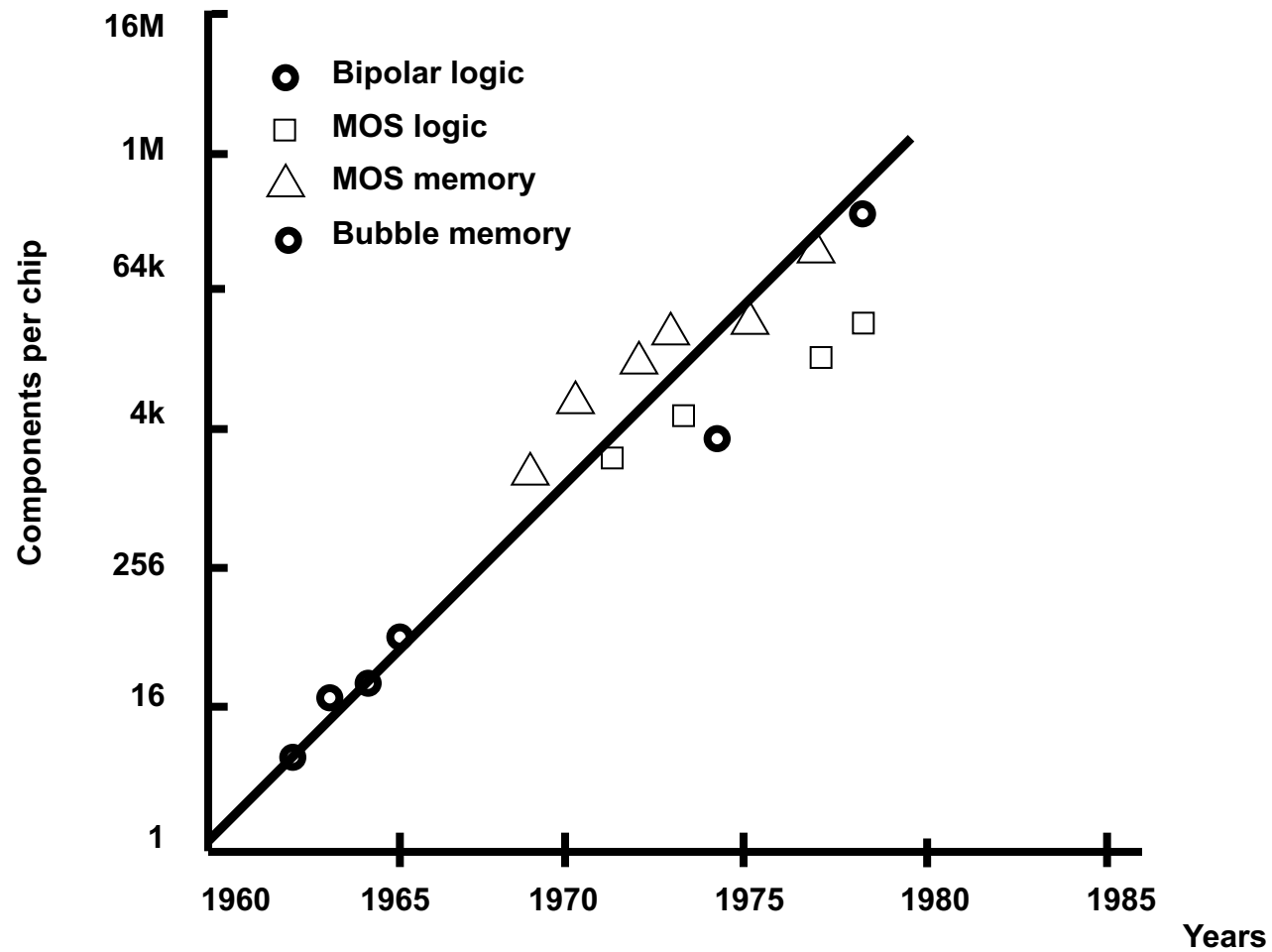
Potência crescente (e tamanho) das aeronaves como direção tecnológica



Fonte: Sahal

Posteriormente há bifurcações, por exemplo, jatos executivos, Concorde, drones...

Tamanho decrescente da tecnologia de dispositivos semicondutores



Source: Noyce 1977. Cited by Sahal p.69

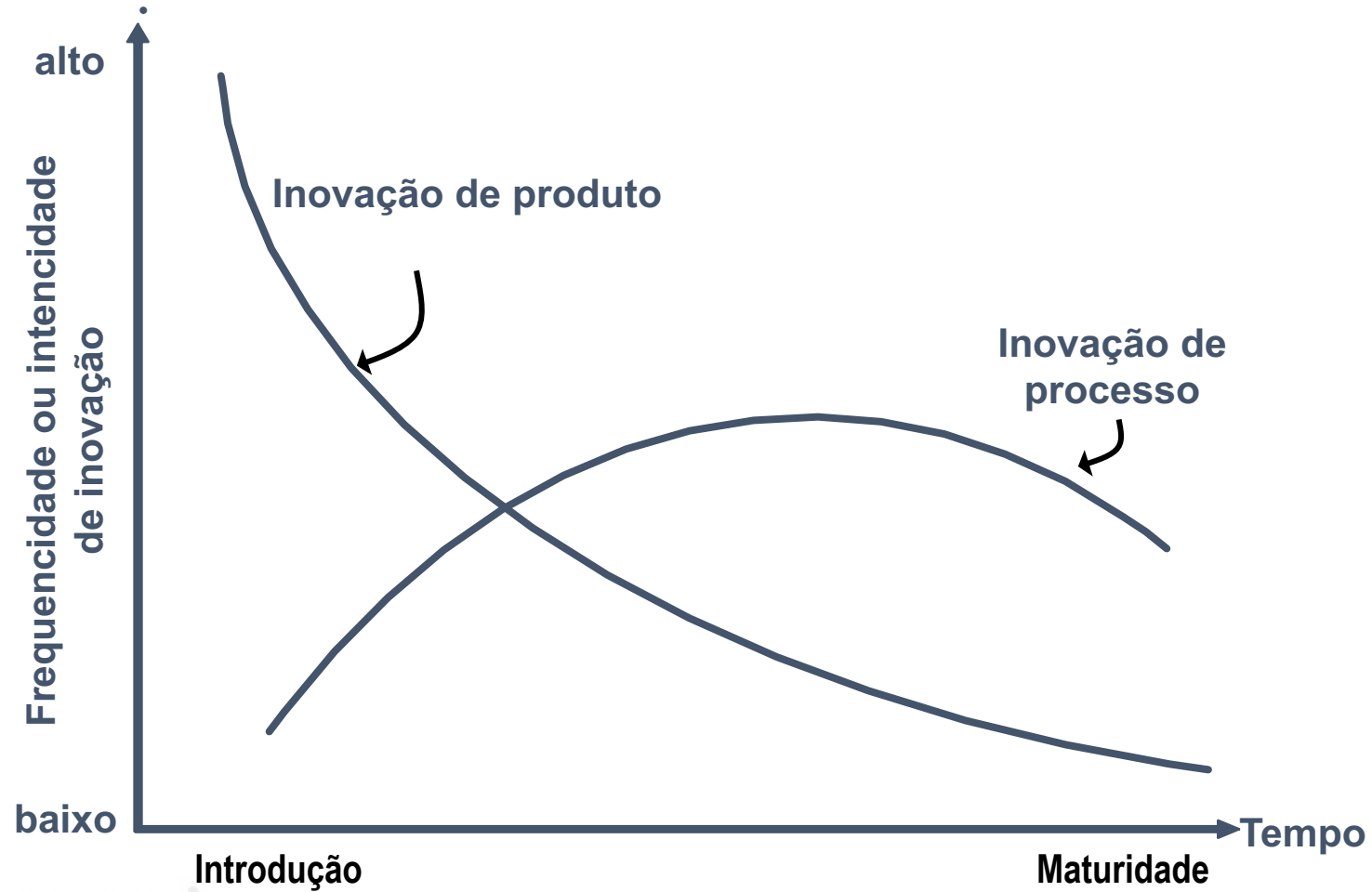
Exercício: direção da inovação incremental

Identifique as categorias relevantes de direção da mudança

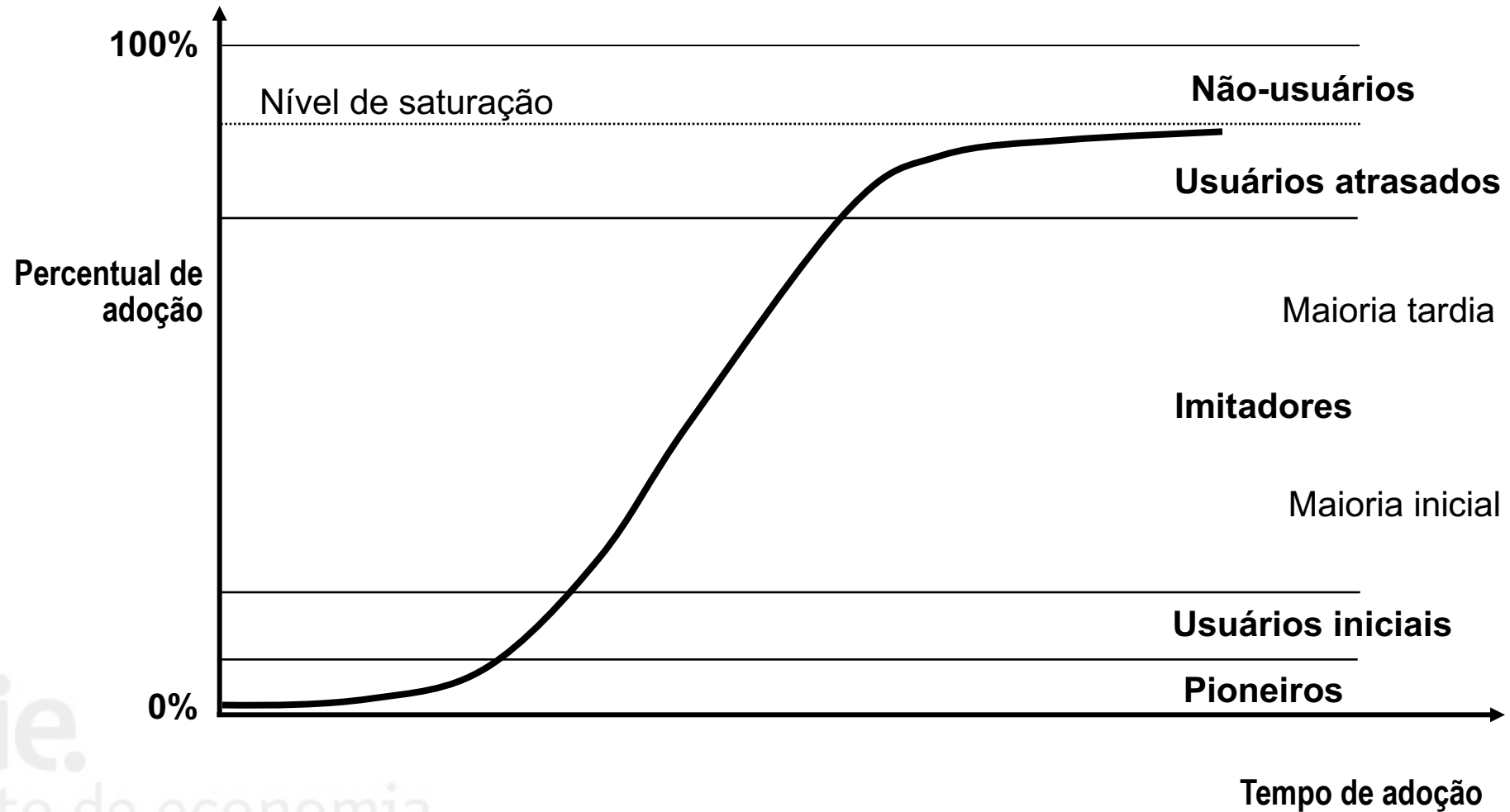
	Telefones	Uber
Tamanho		
Peso		
Usos/funções		
Velocidade de operação		
Segurança		
Facilidade de uso		
Custo unitário		
Custo operacional		
Aparência		

Inovações de produto e de processo

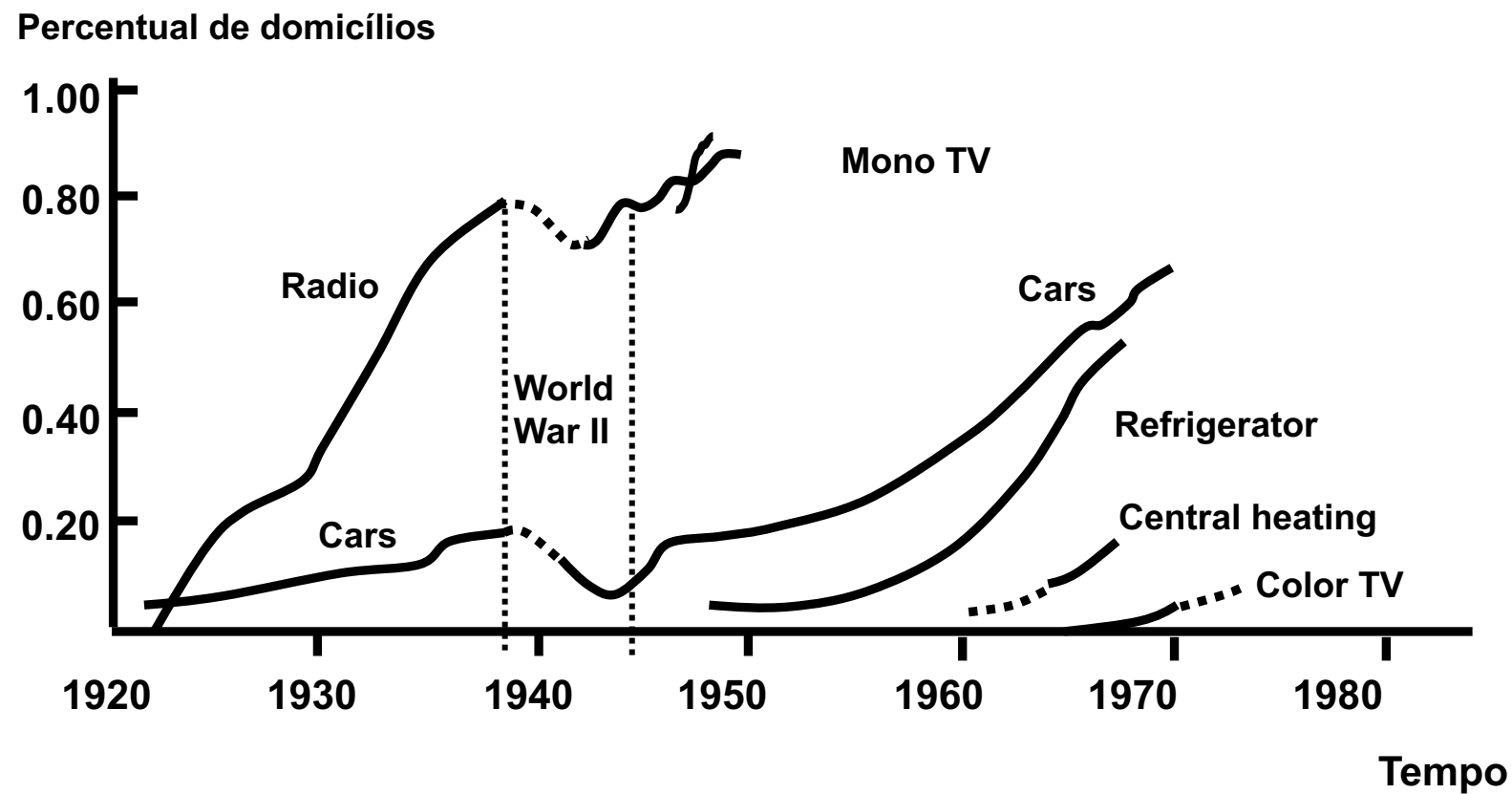
Mudança de foco e ritmos



A difusão de um produto ou tecnologia (também é uma curva epidêmica)

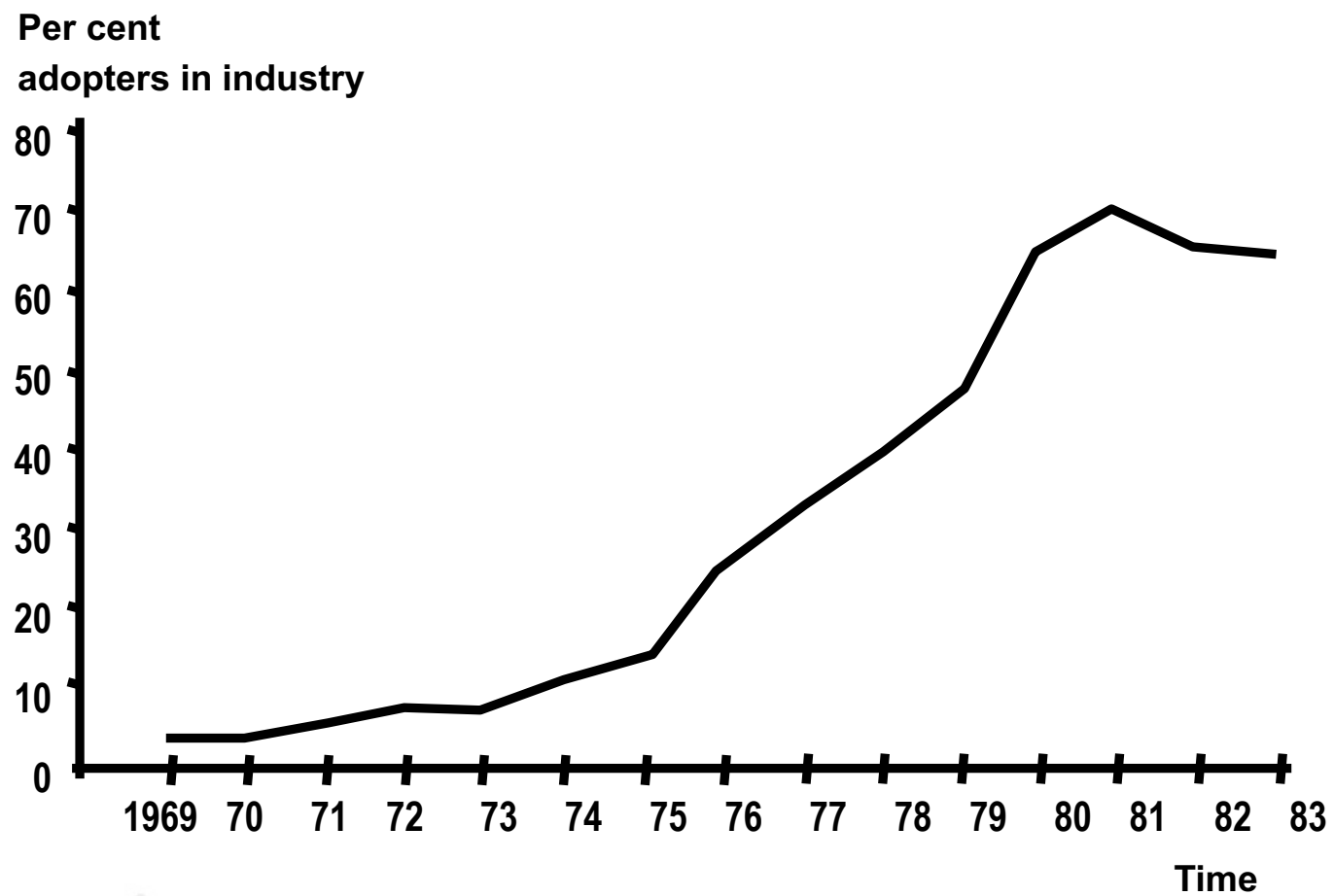


Difusão de produtos de bens de consumo durável no Reino Unido (1920-1970)



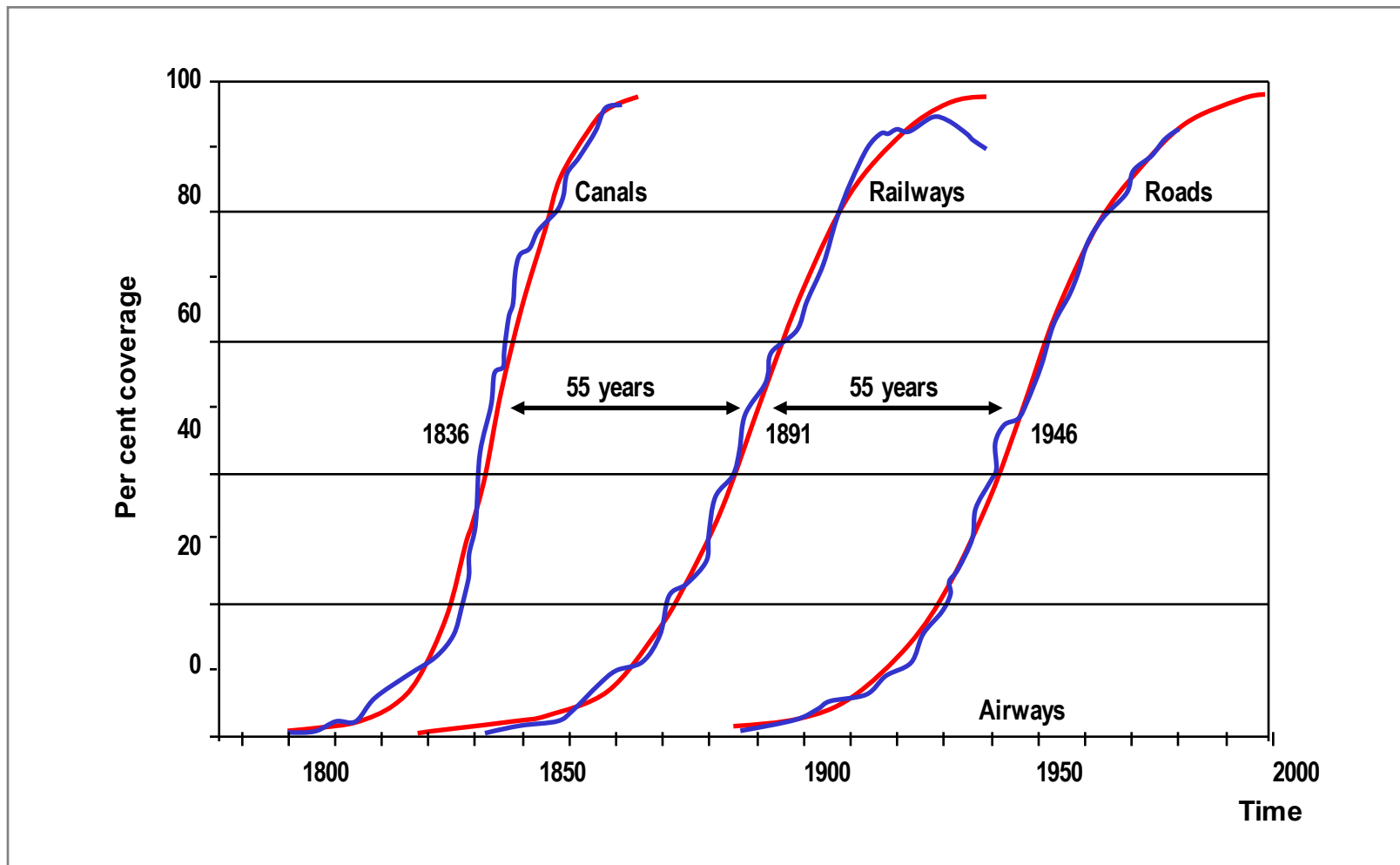
Source: Cited by Coombs et al 1987, p.124

Adoção de máquinas de controle numérico na Indústria Japonesa (1969-1983)



Source: Kodama 1986

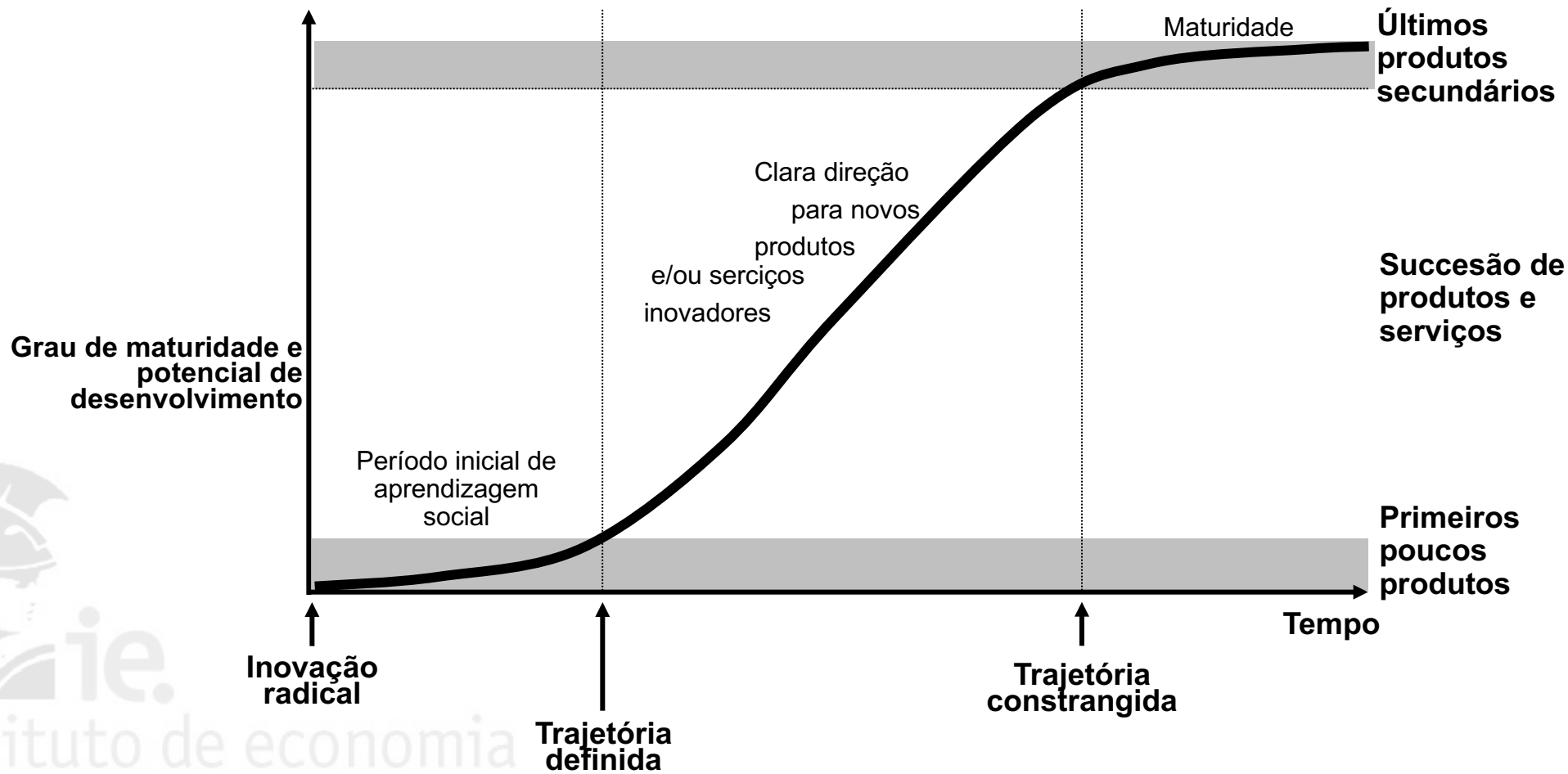
O crescimento de redes de transporte sucessivas nos EUA (1790-1990)



Source: Grübler 1990- p.187

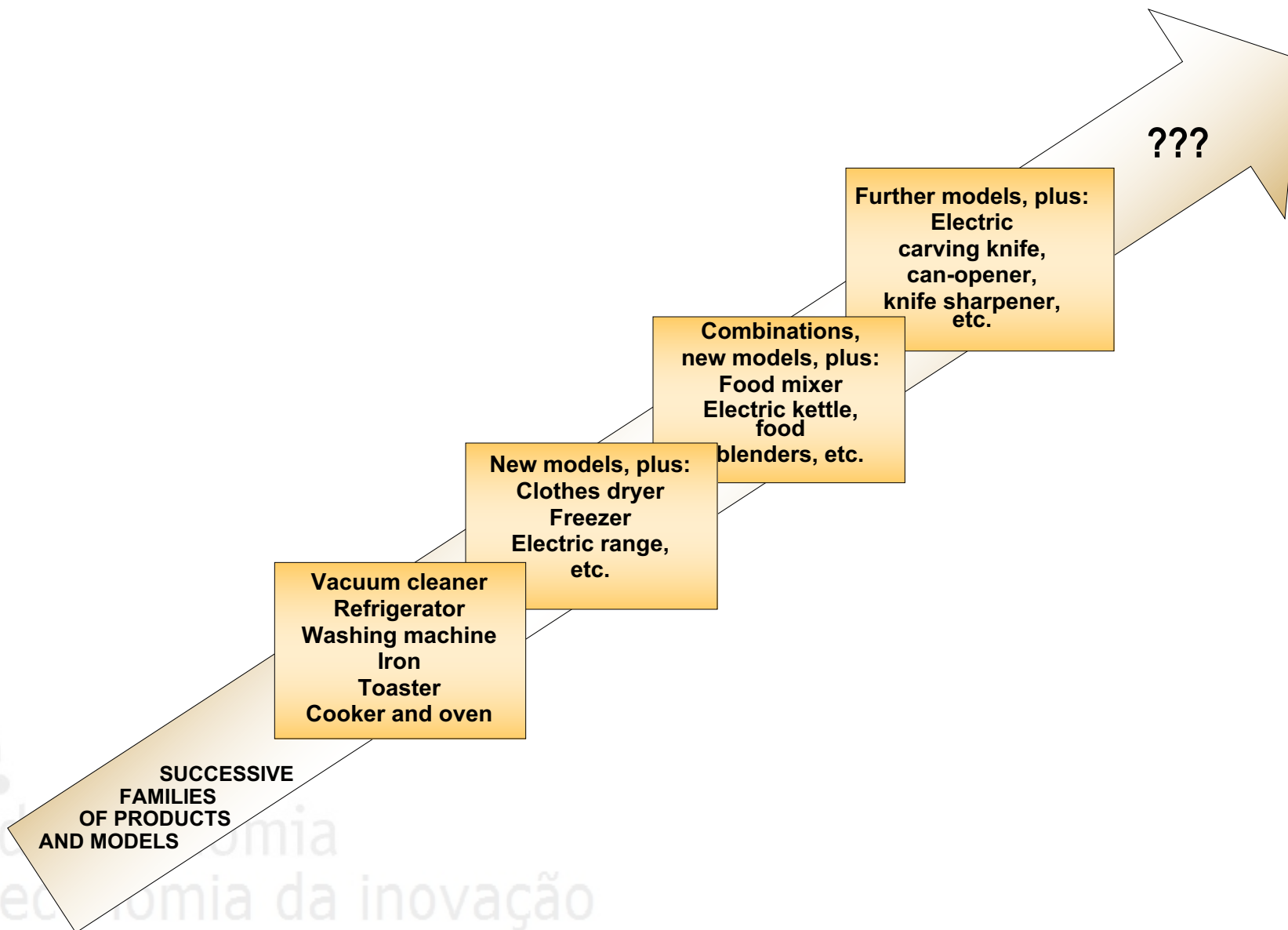
A Trajetória de um sistema tecnológico

Uma sucessão de produtos e serviços interdependentes



EVOLUÇÃO DE UM SISTEMA TECNOLÓGICO

Bens de consumo domésticos



Por que difusão em sistemas? Importância das externalidades

EXTERNALIDADES POSITIVAS

Características ou funções DISPONÍVEIS no contexto circundante (serviços, infraestrutura, fornecedores especializados, trabalhadores treinados, usuários conhecedores, regulamentação favorável, etc.) **que REDUZEM os custos a serem realizados pela empresa.**

EXTERNALIDADES NEGATIVAS

Características ou funções AUSENTES no contexto circundante (serviços, infraestrutura, fornecedores especializados, trabalhadores treinados, usuários conhecedores, regulamentação favorável, etc.) **que AUMENTAM os custos a serem realizados pela empresa.**

Onde uma empresa está localizada, por exemplo, faz uma grande diferença para a competitividade

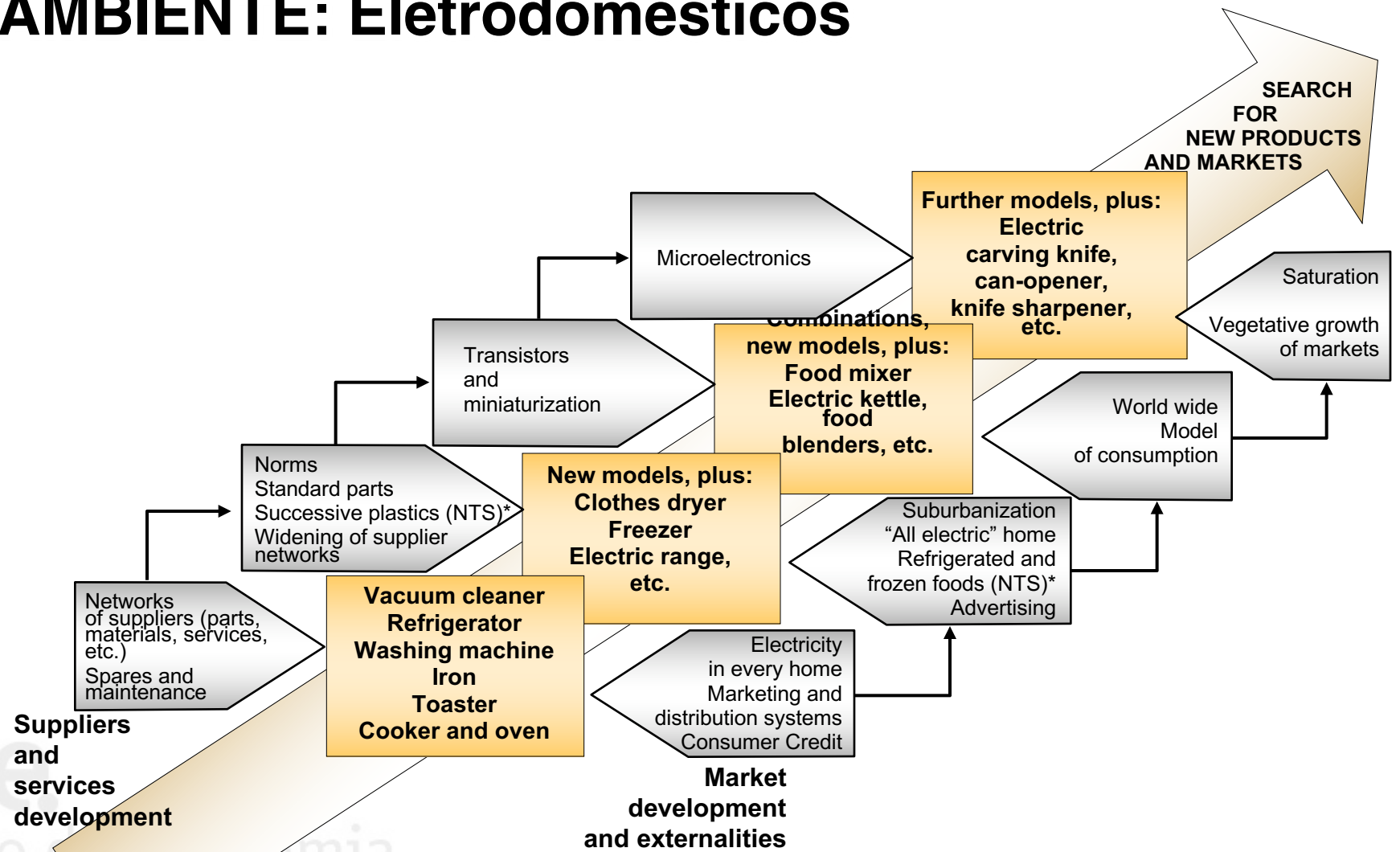
A construção de um sistema é a criação de externalidades

O CONTEXTO SÓCIO-ECONÔMICO ADAPTA-SE GRADUALMENTE PARA FACILITAR O FLORESCIMENTO DAS NOVAS TECNOLOGIAS

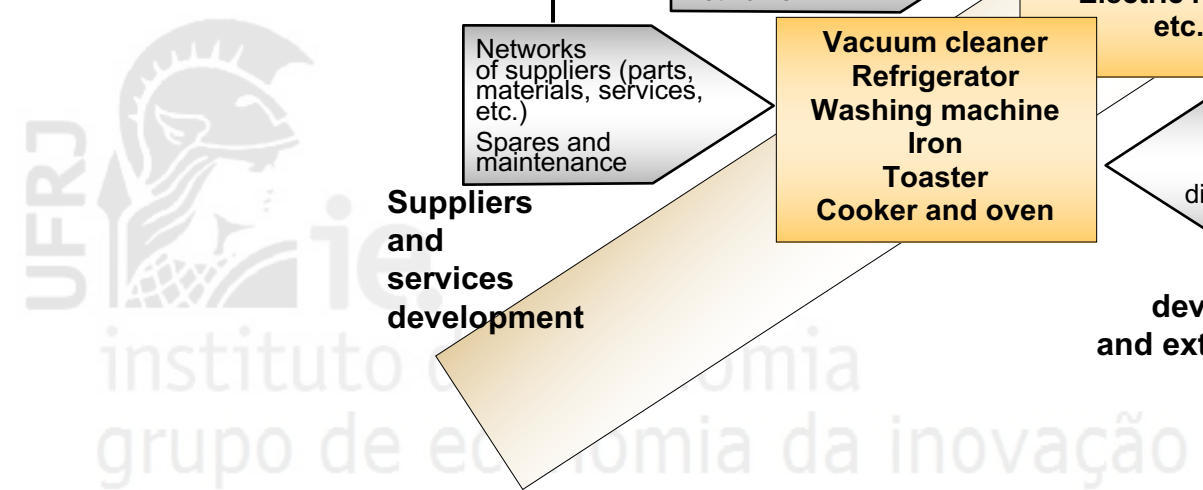
- Desenvolvimento dos serviços correlatos, da infra-estrutura necessária, fornecedores especializados, distribuidores, serviços de manutenção, etc.
- Adaptação “cultural” à lógica das tecnologias interconectadas envolvidas (entre engenheiros, gerentes, financiadores, pessoas de vendas e serviços, consumidores, etc.)
- Estabelecimento de “facilitadores” institucionais (regras e regulamentos, treinamento especializado e educação, etc.)

Esses processos criam grandes vantagens competitivas territoriais

CO-EVOLUÇÃO DE UM SISTEMA DE TECNOLOGIA E DE SEU AMBIENTE: Eletrodomésticos

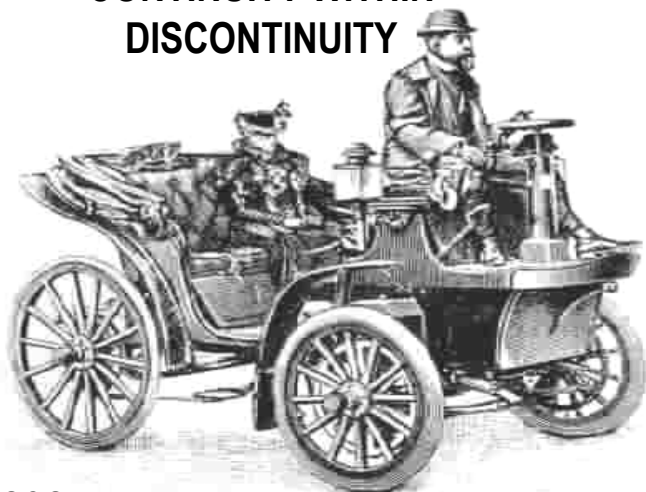


(NTS)* = New Technology system



CONTINUIDADES E DESCONTINUIDADES NA EVOLUÇÃO TECNOLÓGICA

**CONTINUITY WITHIN
DISCONTINUITY**



1898 A early automobile produced in a workshop



DISCONTINUITY



1913 A mass-produced Ford Model-T



CONTINUITY



1965 A mass-produced Ford Thunderbird



PARTIAL DISCONTINUITY



2005 A mass produced Hybrid Toyota Prius

Fatores que favorecem a continuidade na evolução tecnológica

- **Trajetórias naturais e rotinas de pesquisa** - Nelson & Winter
- **Paradigmas técnicos e trajetórias tecnológicas** - G.Dosi
- **Pressão de desequilíbrio entre processos interdependentes** - Nelson & Winter
- **Elos entre produtor-usuário** - B.A.Lundvall
- **Fusões e fissões** - D.Sahal, F.Kodama
- **Dependência de caminho** - B.Arthur / P.David
- **Rede de usuários como externalidade** - Kats e Shapiro, B.A.Lundvall
- **Infraestruturas como externalidades** - M.Frankel
- **Paradigmas e externalidades como mecanismos de exclusão-inclusão** - C.Perez

O contexto social adaptado e as redes de abastecimento e consumo - como mecanismo de seleção e exclusão (fortalecimento e enfraquecimento do sistema)

FAVORECE INOVAÇÕES COMPATÍVEIS

Leva a incrementos em:

- Produtividade
- Custo-efetividade
- Facilidade de interação
- Hábito de uso e operação
- Aceitabilidade
- etc.

Mas também diminuição em:

Variedade “real”
Acesso a novas direções
Aceitação da mudança

Excluindo, marginalizando ou moldando e adaptando INOVAÇÕES INCOMPATÍVEIS

Permite que o paradigma atual implemente todo o seu potencial, criando um conjunto de direções alternativas para articular a revolução seguinte

MAS CRIA INÉRCIA
devido à hiper-adaptação

O contexto hiper-adaptado leva o atual paradigma aos seus extremos limites e dificulta mudanças de direção



Tudo favorece (favorecia? os SUV

Quase nada está pronto para o carro elétrico

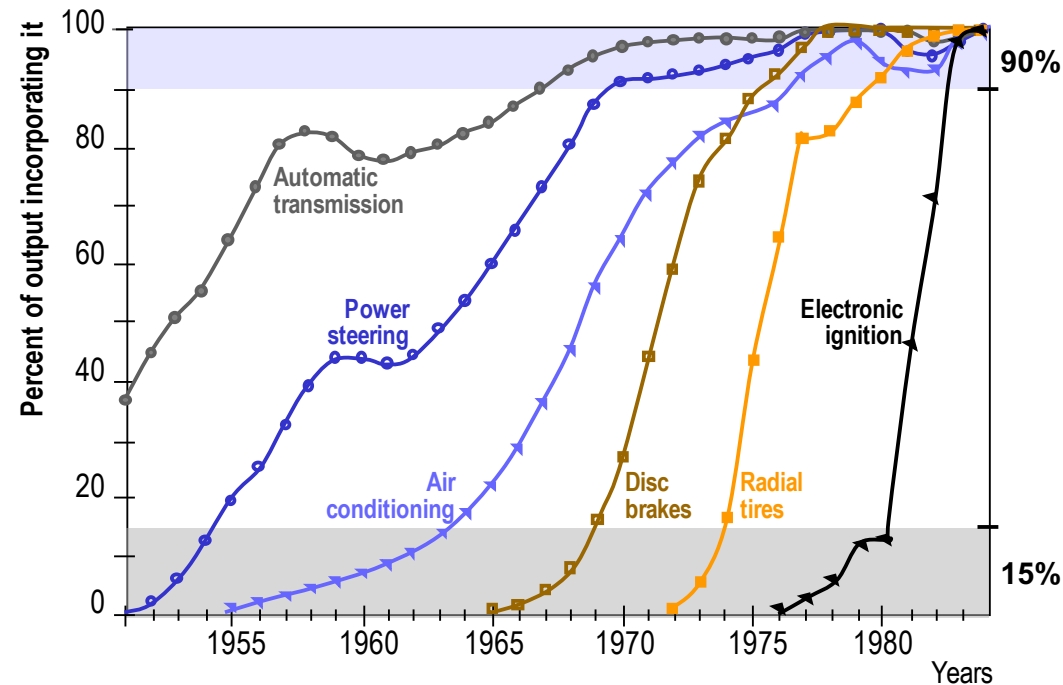


ou para outros meios de transporte.

Fatores que favorecem a descontinuidade na evolução tecnológica

- Externalidades como aceleradoras de trajetórias:
“Encurtamento de sucessivos ciclos de vida e aceleração” da saturação do mercado
- Limites para aumentar a produtividade, novas oportunidades de produto e mercados dentro de cada sistema: busca de novos rumos
- Diminuição da lucratividade de tecnologias maduras existentes
- Mecanismo de exclusão faz com que acumule uma gama de “inovações esperando nos bastidores”

O encurtamento dos ciclos de vida de inovações posteriores: A difusão de tecnologias sucessivas na indústria automobilística dos EUA



Source: Jutila and Jutila 1986. Cited by Gröbler p.155

...mas ciclos de vida encurtados não são muito lucrativos.

Limites para aumentar a produtividade, para novas oportunidades de produtos e mercados: A procura por novas direções

Final dos anos 60, início dos anos 70:

- Limites ao crescimento da produtividade, crise energética:
 - Controles eletrônicos para conservação de energia, controle da poluição
 - Microprocessadores em automóveis
 - Controles numéricos em máquinas-ferramenta
 - Controles distribuídos em plantas de processo
 - Novos produtos exploratórios menores: Calculadoras, jogos de computador

Década de 80:

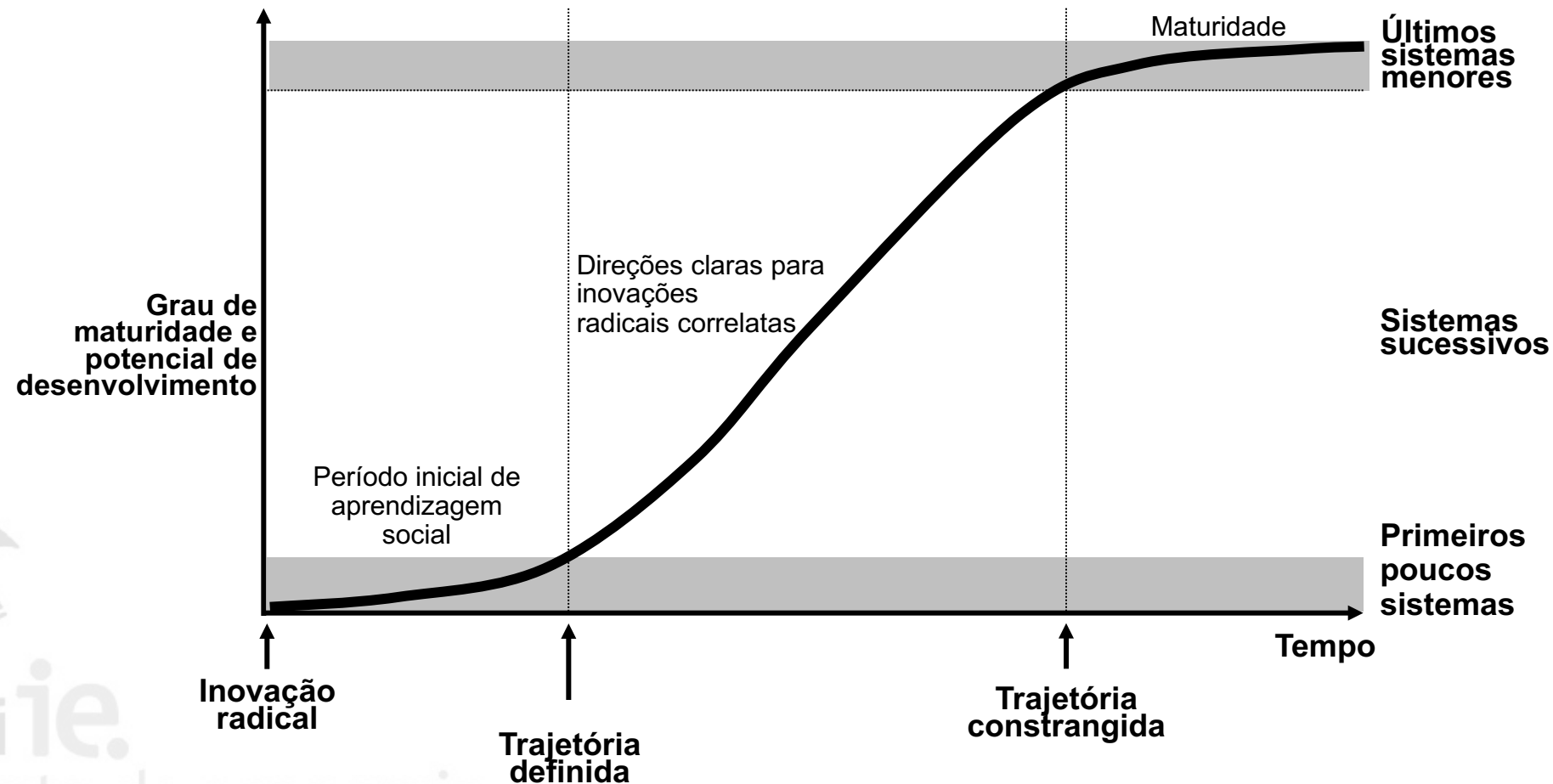
- Novos produtos massivos: computadores pessoais, faxes, impressoras, etc.

Anos 90:

- Telecom, Internet, pontocom e explosões de software

A TRAJETÓRIA DE UMA REVOLUÇÃO TECNOLÓGICA (TAMBÉM É UMA CURVA EPIDÊMICA)

As mudanças “incrementais” em sistemas tecnológicos



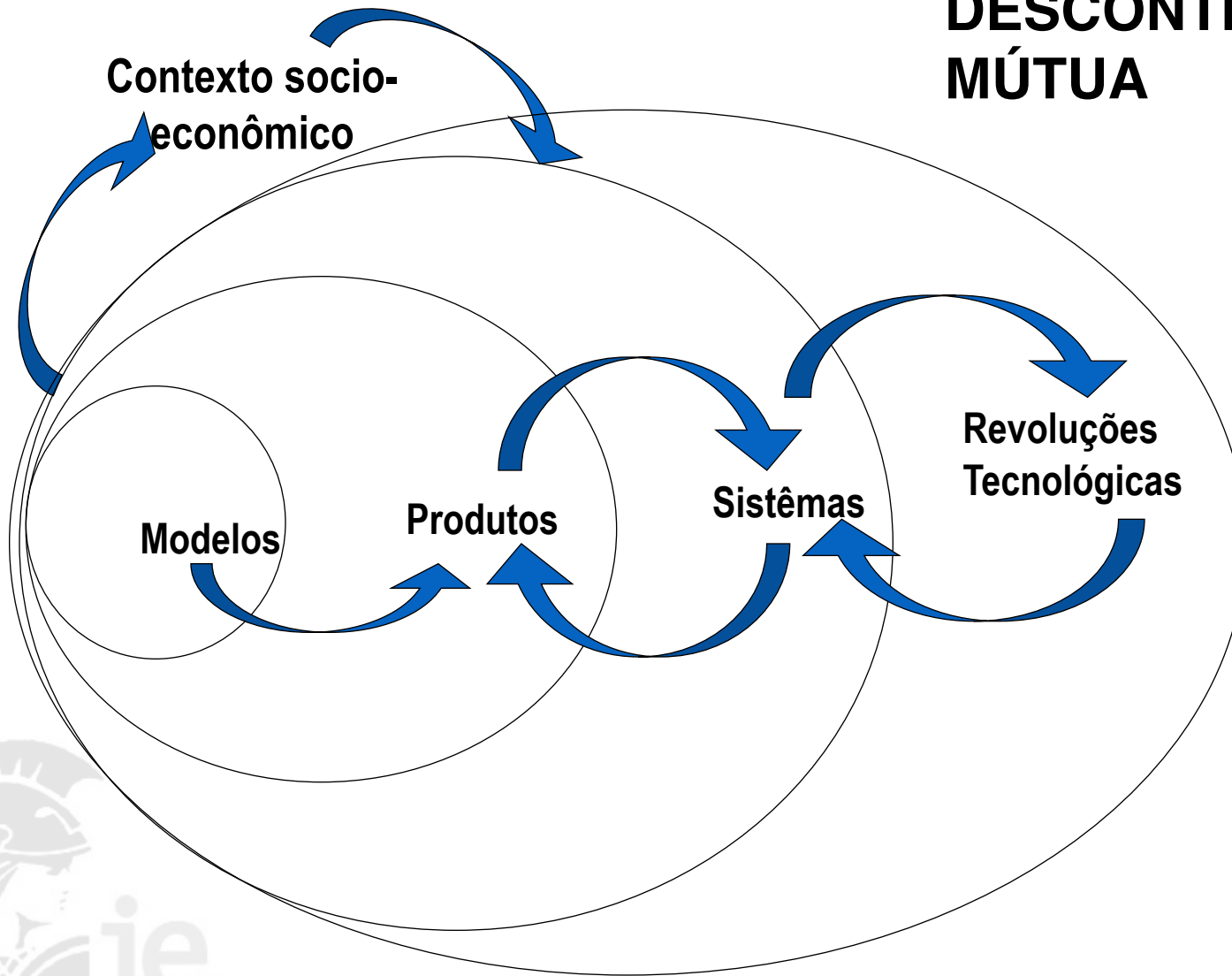
Este padrão fractal de evolução leva a uma combinação de continuidade com grandes
descontinuidades

EVOLUÇÃO DE UMA REVOLUÇÃO TECNOLÓGICA COMO SISTEMA DE SISTEMAS

Tecnologia da informação dos anos 70



OS NÍVEIS DE MUDANÇA CONTÍNUA E DESCONTÍNUA E SUA INFLUÊNCIA MÚTUA



...e eles evoluem em interação mútua com mudanças na economia e na sociedade.