

# A condução de sistemas de risco

René Amalberti.

PUF, 1996

# Resumo 1

- Trata da segurança e da gestão de risco pelo operador de sistemas de alta tecnologia
- A importância dada aos erros na explicação das falhas dos operadores é excessiva e explica menos do que parece.
- Considera operadores de uma ótica de produção da segurança e não da crítica (cometer erros e falhas)
- Explora os mecanismos cognitivos que asseguram ao operador um compromisso eficaz entre 3 objetivos, às vezes, contraditórios: a segurança (sua e do sistema), o desempenho (imposto mas também desejado) e a minimização de consequências fisiológicas e mentais do desempenho (fadiga, estresse, esgotamento)

## Resumo 2

- O terreno ideal para descobrir esses mecanismos cognitivos é o estudo das situações de trabalho habitual. A análise de acidentes ajuda a entender os mecanismos de ruptura do compromisso.
- Objetivos: **1)** propor modelo que permita aos conceptores a compreensão da extraordinária inteligência , mas da também da grande fragilidade dos compromissos cognitivos realizados pelos operadores em situações dinâmicas; mostrar que o erro, a partir de sua detecção, cumpre papel de ajuda na regulação desse compromisso; **2)** Propiciar argumentos para a análise das causas das rupturas desse compromisso: internas (fadiga, estresse, confiança) e externas (ajudas tecnológicas mal concebidas); **3)** propor filosofia de ajudas cujo objetivo central não é a prótese para o "saber-fazer" ou das capacidades do operador julgadas insuficientes e sim de ajuda aos seus pontos fortes: elaboração e gestão do CC

# Modelo da cognição dinâmica ou compromisso cognitivo

Amalberti 1996

- Atingir os objetivos buscados com o mínimo de riscos internos (esgotamento, fadiga, perda do controle cognitivo, etc.) e externos (acidentes do trabalho, perdas materiais etc.), imediatos e futuros sabendo que as soluções escolhidas comportam riscos.

# Cap 1: A segurança de grandes sistemas técnicos: o erro humano como última fronteira

A avaliação clássica do risco e da segurança baseada na frequência de acidentes e incidentes está superada. Ganha importância o estudo  $q/$  do risco ligado às conseqüências e à gravidade de cada acidente.

A segurança e o controle de riscos são componentes das representações individuais que permitem aos operadores a gestão de um conjunto de variáveis incluindo a complexidade da situação, o risco de suas próprias falhas e daquelas do sistema

## Cap 2. As noções de complexidade e dificuldade como quadro de referência

Noção de complexidade é central à idéia de risco.

A dupla representação da complexidade pelo operador: a) antes da execução: ligada aos fatores clássicos de complexidade que caracterizam uma situação

b) durante a execução: mais pessoal, centrado na metacognição, implicando na elevação dos níveis de abstração com redução da complexidade e melhora da compreensão.

Paradoxo: Elevação do custo cognitivo juntando-se à complexidade global da tarefa.

Esse paradoxo contém os fundamentos necessários ao compromisso cognitivo (CC-firmado pelo operador) entre nível de compreensão, eficácia e gestão adequada de recursos.

Os fatores de complexidade (temporais, n° de agentes, ql da interface e nível de risco etc) conduzem a modelo de controle contextual capaz de adaptar o desempenho cognitivo e de limitar os efeitos desses fatores.

Razão estrutural do CC: gargalo dinâmico da gestão de recursos cognitivos

# Objetivos da gestão cognitiva dinâmica (compromisso cognitivo)

Amalberti 1996

- Desempenho aceitável. Gestão de recursos
  - Respeitar prazos, evitar atrasos
- Segurança pessoal e do sistema. Eficácia:
  - Evitar acidentes e incidentes
- Minimizar custo cognitivo e conseqüências:
  - Nível mínimo de atenção para resultados aceitáveis, evitar esgotamento, saturação cognitiva e conflitos cognitivos ...



# Segurança em grandes sistemas técnicos

Amalberti 1996

- **Características dos ST:**
  - 1) processos dinâmicos;
  - 2) controle pelo homem;
  - 3) riscos:
    - 3.1) de acidentes;
    - 3.2) pessoal do operador: de se enganar e fracassar por falta de saber -fazer;
      - Reflete frustração, medo de não compreender situações delicadas
  - 4) inscrito em perspectiva macro-sistêmica: interdependência com atores externos

# Erro humano como última fronteira em ST

Amalberti 1996

- Diminuição da frequência de AT, chance residual de catástrofes e erro humano
- Aceitabilidade do risco como alternativa à redução de riscos
- Tese do livro: primado do compromisso cognitivo sobre o erro

# Complexidade e dificuldade como quadro de referência

Amalberti 1996

- **Complexidade:**

- tarefa a fazer, características da tarefa, "saber-fazer" requerido, dificuldade sentida
- Fatores de complexidade: todo traço da situação que impõe uma execução não nominal da tarefa (comportamentos): pane que aumenta exigências da tarefa, formação requerida de longa duração e rara na população, associações desses fatores

- **Dificuldade**

- Orientadas pelas: 1) intenções, saber -fazer e objetivos pessoais e 2) pelo custo cognitivo

# Fatores de complexidade: Características

- Do sistema Amalberti 1996
  - Exigências da tarefa: a) fatores temporais: dinâmica, reversibilidade, pressões, referências temporais; b) riscos: externos e internos; c) cooperação entre atores: estruturas hierárquicas, funcionais e temporais; d) interface: caráter vago ou incerto de informações, caráter instável ou estável das relações,
- Dos agentes
  - Número de agentes, etc
- Das representações (das interfaces):
  - Fixas ou adaptativas, numéricas ou analógicas, etc

# Complexidade como resultante do saber-fazer ('expertise')

Amalberti 1996

- Ligada à representação da situação, dos objetivos e seu próprio saber-fazer
- Ligada à partilha da representação entre agentes implicados na mesma situação: a dificuldade
  - Como emergência durante a execução
  - Paradoxos do tratamento da complexidade: o aumento das dificuldades e a necessidade do compromisso cognitivo:

# Complexidade, **dificuldade** e recursos cognitivos no desempenho das tarefas

Amalberti 1996

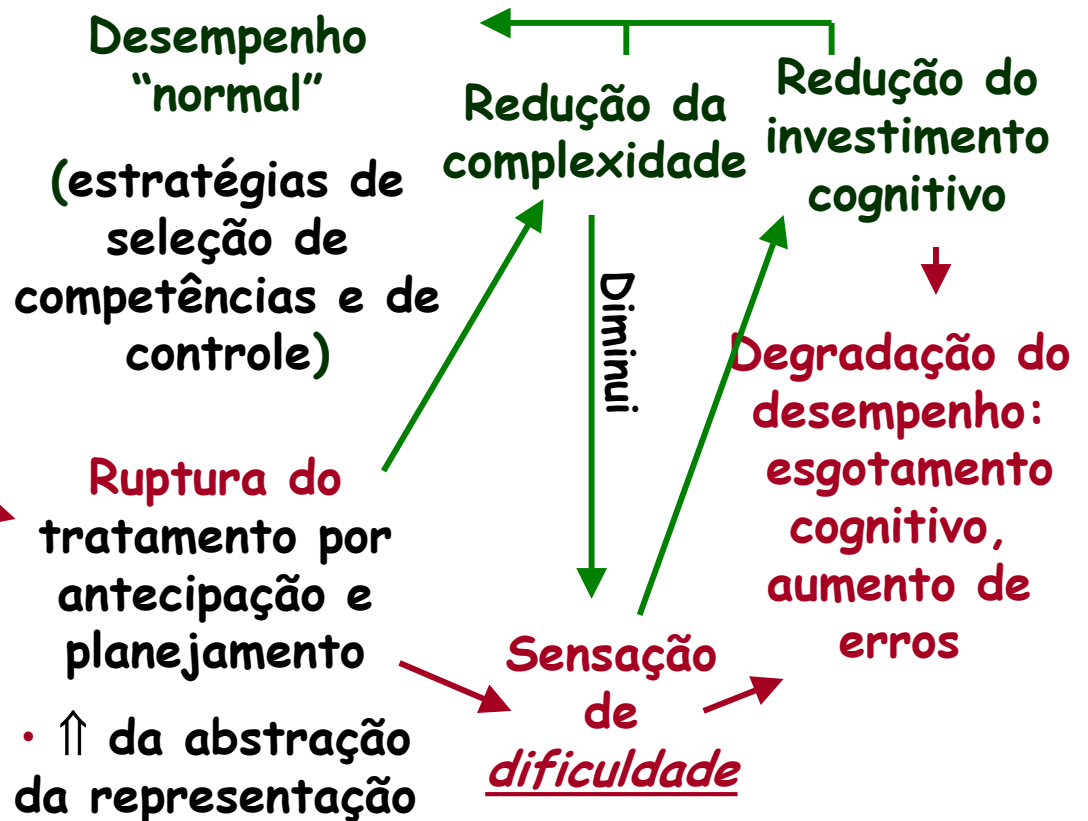
## Fatores de complexidade

Organização do trabalho (sistema técnico, cooperação, habilidades requeridas, representações, operações cognitivas usadas)

Indivíduo ou equipe: Experiência, formação, antecipação e planejamento (estilos de controle)

Medo de não saber fazer

Pré-tarefa



Medo de perda do controle situação

Execução da tarefa

# Gargalo de recursos cognitivos na gestão de tarefas

Amalberti 1996

- Fragilidade da atenção:
  - Atenção dividida e atenção seletiva
  - Focalização da atenção:
    - Agrupar informação prévia e formar pacotes de significação
    - Focalização pp dita e análise de objetos
  - Respostas às interrupções e ao estresse
- Sentimento de sobrecarga de trabalho
- Controle cognitivo:
  - Heurísticas (modos de fazer) de simplificação do raciocínio e da tomada de decisões

# Soluções cognitivas na gestão de tarefas

Amalberti 1996

- **Geral:**
  - Automatização de conhecimentos e de comportamentos.
  - Baseia-se na aquisição da perícia (tornar-se "expert") e domínio sobre determinada área, em 3 estágios:
    - Anderson (1985): Inicial ou cognitivo, associado ou de início da experiência e confiança e autônomo (schemas).
    - Rasmussen (1976): Skill-Rule-Knowledge (SRK)
- **Localizadas:**
  - Perspectivas diacrônicas e sincrônicas



# Bases da automatização: memória e conhecimentos

Amalberti 1996

- Tipos de memórias
  - Sensorial
  - De curto prazo e de trabalho
  - De longo prazo e operacional
- Tipos de conhecimentos na memória a longo prazo
  - Declarativos (modular, genérico) e sobre procedimentos (específico por situação)
  - Explícitos (acessíveis pela consciência) e implícitos (tácitos, não intencional)
- Conhecimentos e metaconhecimentos

# Organização de conhecimentos na memória

- Declarativos:

Amalberti 1996

- Codificação: redes semânticas: conceitos e relações entre conceitos.
- Protótipos: representante típico
- Outros formalismos: rede neuronal, formalismos linguísticos (semiologia: signos, significante-significado)

- Declarativos e sobre procedimentos:

- O papel central dos "Schemas"

## Características dos "schemas(ta)"

- 1) Comporta parte variável,
- 2) Permite compreender situações sub-especificadas,
- 3) Hierarquiza todos os níveis de abstração,
- 4) Orienta-se para um fim,
- 5) Constituem meios ativos de reconhecimento ativo (guia e orienta a pesquisa)

# Utilidade dos "Schemas(ta)"

Amalberti 1996

- Esqueletos da representação mental da situação
- Enriquecem-se guiando as ações do sujeito e nas interações com a situação
- São operacionais: simples (esquemáticas), funcionais e orientadas para o alvo a atingir.
- Estão no centro das atividades de planejamento e de orientação das ações.
- Podem ser decompostos em "schemas" mais precisos ou tornados mais gerais, verdadeiros planos estratégicos de ação.
- São otimizados em termos de custo cognitivo

# Gestão pela competência

Amalberti 1996

- “Expertise” (tornar-se “expert”):
  - Baseia-se em conhecimentos *sobre procedimentos* (para executar o trabalho) e *não declarativos* (saberes teóricos).
  - Implica em propiciar homogeneidade e coerência a esse conhecimento
  - Utiliza todos os tipos de memórias e de representação dos conhecimentos citados.
  - Objetiva alcançar compreensão funcional e dinâmica desse conhecimento.

## Formalização geral e características do tornar-se "expert" (expertise)

- 1) Os schemas possuem mecanismos de auto-controle que servem para sua auto-validação e interpretação para sua execução.
  - Recursos conhecidos, margens de tolerância, recuperações locais (sensório-motoras)
- 2) Otimizados para atingir objetivo com menor custo cognitivo possível
- 3) Não há conhecimento inútil (os não usados mostram relação com preferências adotadas)
- 4) Parte dos schemas e conhecimentos profundos são inexatos ou aproximados.
  - Papel oculto do metaconhecimento pessoal no controle

## Modelo da competência

- Orientado para a economia cognitiva em níveis:
  - **Geral: automatização com base nos schemas**
  - **Local: cada schema possui capacidade de economia (coleta otimizada de informações) e auto-controle**
- Operador restringe-se o mais que pode ao uso das competências que considera melhor dominar
  - **Metaconhecimento assegura essa triagem**
- Repousa em hierarquia de conhecimentos que permita mudar controle e elevar nível de abstração, se necessário
- Baseia-se em outros saberes e saber fazer do operador (é pessoal e único)

# Os dois níveis do modelo da cognição dinâmica: compromisso cognitivo

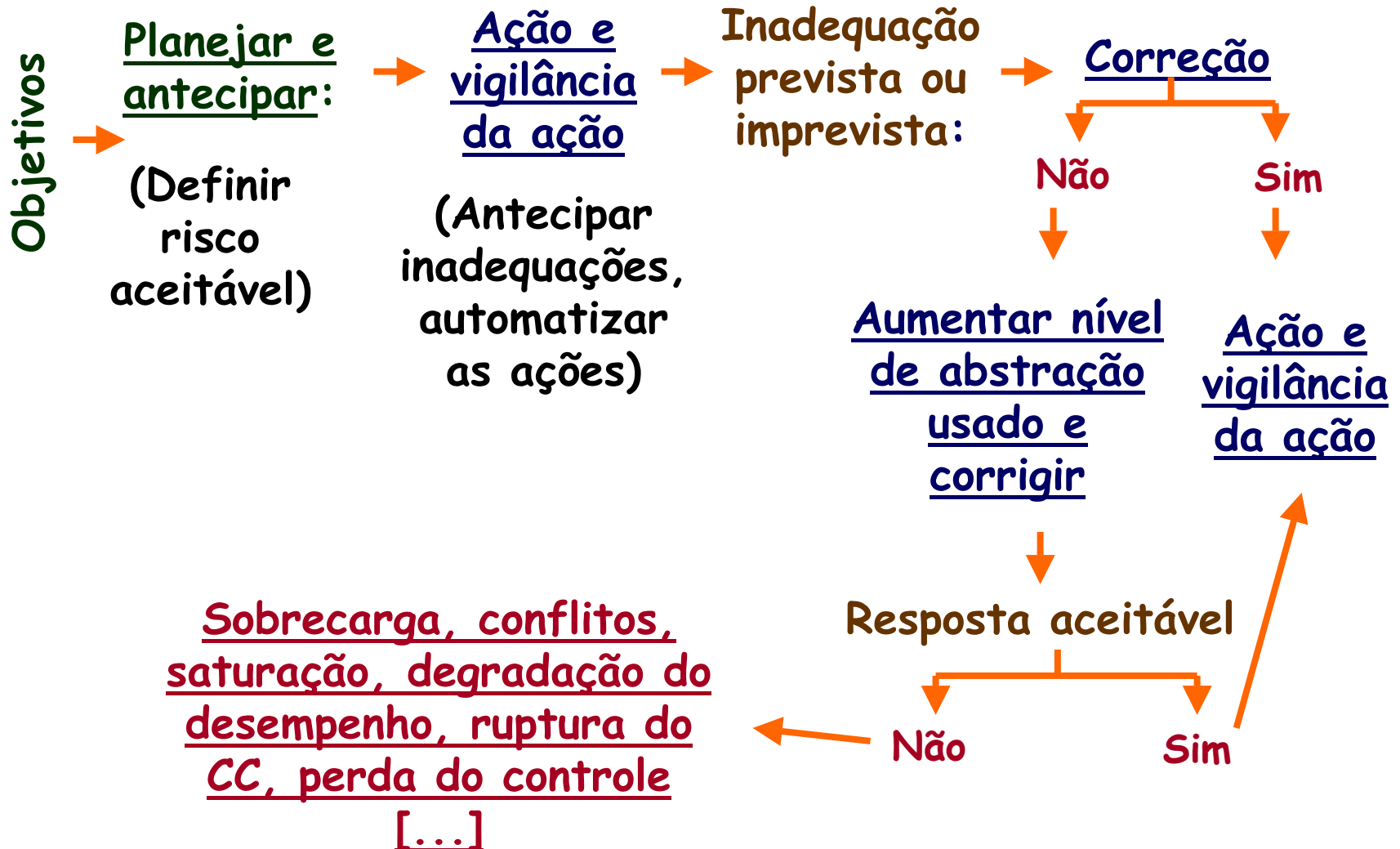
Amalberti 1996

- **Modelo da compreensão-ação:**
  - Construir e atualizar representações da situação de modo a guiar e regular as atividades dos operadores.
  - Implica "correr risco" aceitável
- **Controle contextual (Detecção e correção de riscos):**
  - Mecanismos e modos de fazer (heurísticas)



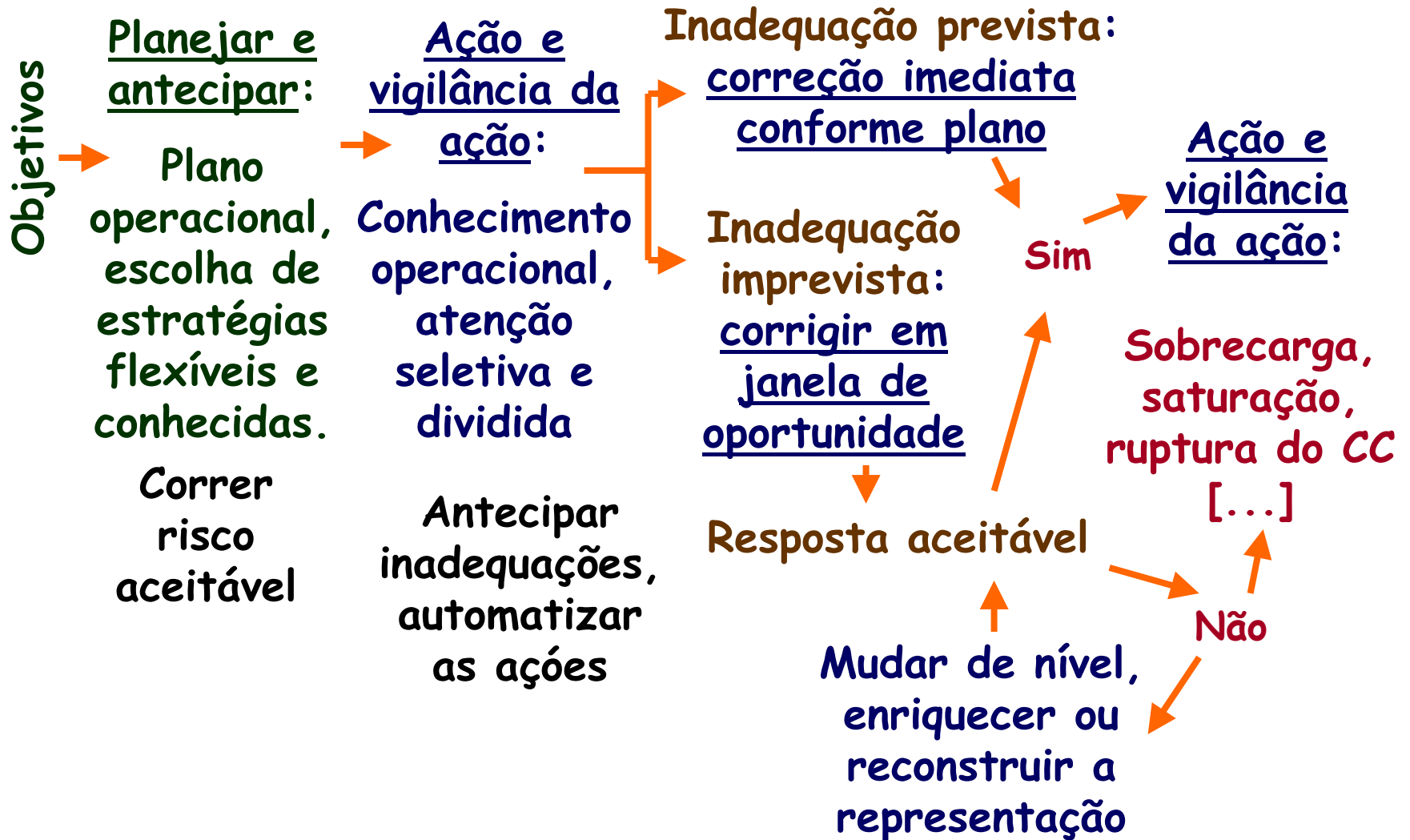
# Gestão cognitiva: diacrônica e sincrônica

Amalberti 1996



# Gestão cognitiva: diacrônica e sincrônica

Amalberti 1996



# Gestão diacrônica da complexidade e dos recursos: planejar e antecipar

- Bases: Amalberti 1996
  - Tarefa, n° de agentes, experiência, sistemas de comunicação, conhecimentos, intenções, representações de objetivos, riscos e "saber-fazer" necessário e disponível, metacognição.
- Características do plano: refinar procedimento, resolver problemas e guiar ação
  - Estrutura hierárquica e polimorfa de níveis de abstração ("schemas"):
    - Mecanismos de autocontrole (competências conhecidas, margens de tolerância, recuperação de distâncias), base em saber pessoal e aproximado.

# Traços essenciais dos planos humanos

Amalberti 1996

- Economia cognitiva: priorizar competências conhecidas. Ex: uso de calculadora
- Importância de objetivos intermediários (seqüência não é linear)
- Menor compromisso para evitar fixação rápida de valores de "contraintes" capazes de perturbar a continuidade da elaboração do plano (p 109) ?????

# O plano como ferramenta de preparação da execução

Amalberti 1996

- Reduzir complexidade da tarefa: construir representação mental da tarefa
  - desenvolve partes mal conhecidas
  - incorpora partes consideradas fáceis
  - considera o saber-fazer de execução
- Orientar precisamente os primeiros procedimentos a serem seguidos
- De rápido estabelecimento

# Antecipação e execução do plano

- Quando agir? Amalberti 1996
  - Plano: inclui metas temporais, tarefas-pivôs (“cíclicas”) e livres, margens de tolerância
- Como manter a validade do plano?
  - Formulação e teste de hipóteses como proteção contra o risco de não saber fazer. Ex: “O piloto deve aprender a estar na frente de seu avião”.
  - Tornar-se “expert” muda a antecipação. Distinguir distâncias de amplitudes fraca (freqüentes) e forte (raros). Evitar situações sem resposta disponível
    - Novato: aplicar o plano, evitar improvisação.
    - Experiente: antecipação e economia cognitiva

# O plano em caso de incidentes

Amalberti 1996

- **Esperado:**
  - Resposta disponível (antecipada no plano) e de execução imediata
  - Escapa do incidente ou estabiliza a dinâmica sem gerir suas conseqüências
  - Quanto maior a "expertise" maior o n° de respostas iniciais antecipadas
- **Inesperado:**
  - Conflito cognitivo retarda resposta
  - Janela de oportunidade para a gestão cognitiva (diagnóstico e tomada de decisão):
    - Compreender e aceitar não compreender como chaves da regulação do CC

## Cap 6: Compreender e aceitar as incompreensões: a chave da regulação do CC

Aborda a dimensão sincrônica da gestão, um dos objetivos centrais do CC: a pesquisa dinâmica do nível mínimo e suficiente de compreensão da situação para alcançar um resultado aceitável.

O nível de compreensão é permanentemente heterogêneo. Em função da falta de tempo ou de recursos deixa "zonas de sombras" (incompreensões para o operador)



# Características gerais da compreensão

Amalberti 1996

- Dar coerência aos fatos, explicar e prever. Implica em duplo sistemas de coerência:
  - Causal explicativo das relações passadas entre objetos e fatos
  - Sistema intencional, preditivo das relações futuras para os objetivos visados
- Responder a um objetivo particular
  - Intenções orientam análises. Compreender o que necessita para alcançar seus objetivos
  - Parcial e sempre termina em uma explicação.
  - 2 eixos: temporal (explicar causa e prever) e pontual (Nº de fatos considerados na situação)
  - Avança por saltos (estados de equilíbrio da compreensão)
- Representar a situação
  - Exclusiva do indivíduo. Mesma situação = diversas compreensões
  - Compreender= construir boa representação do mundo para os objetivos fixados

# Teorias clássicas da formação da compreensão

Amalberti 1996

- Compreender particularizando “schemas”
- Compreender pela particularização a uma situação particular
- Compreender construindo rede de relações
- Compreender por raciocínio analógico.
- Em síntese:
  - Situações que se repetem: ativação de caso semelhante na memória permite compreender.
  - Casos difíceis: coleta informações e agrega depois.
  - Analogia e ativação de “schemas” são sempre necessárias à compreensão.

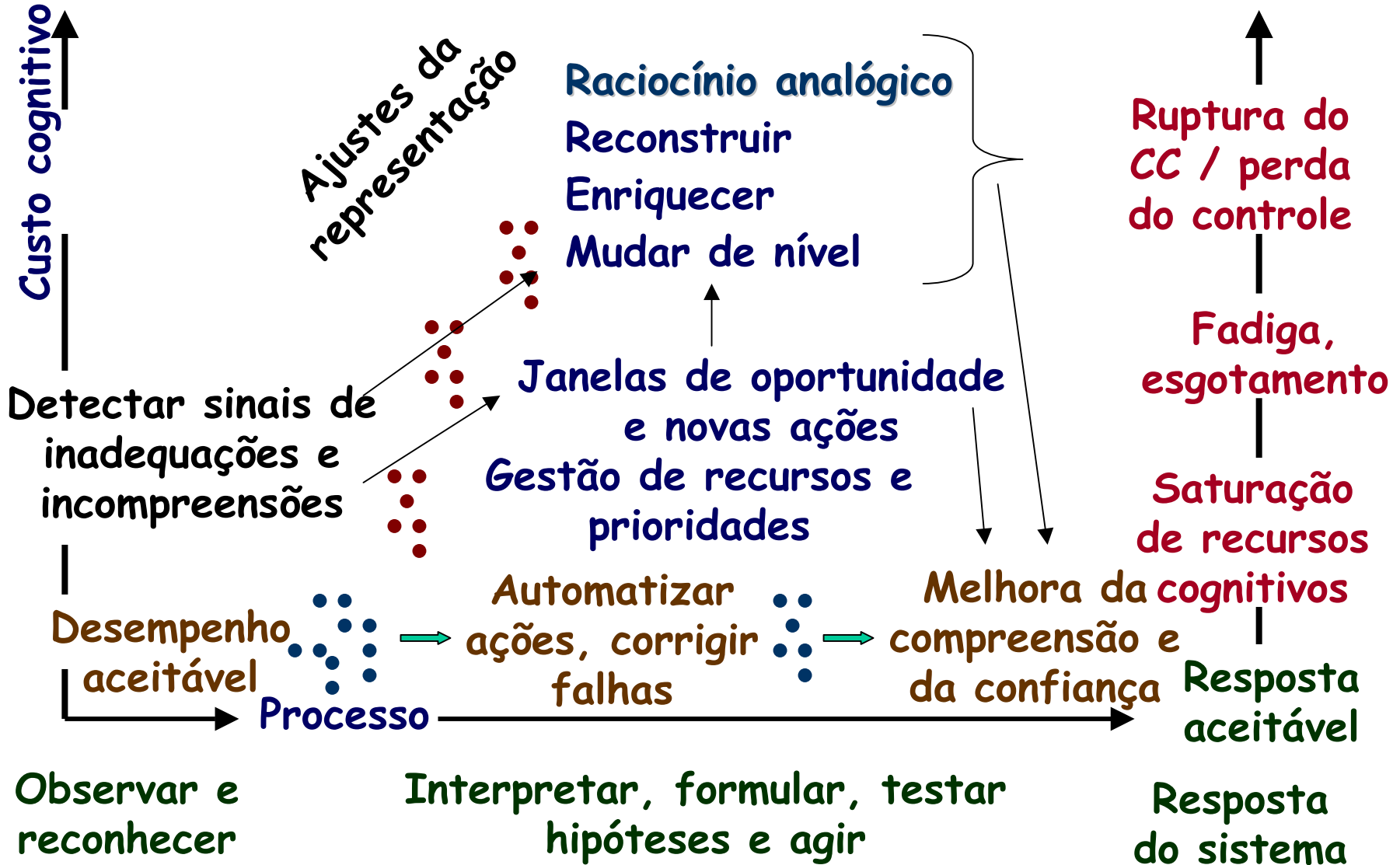
# Limites da compreensão em situação dinâmica

# Compreensão e representação prévia

- Compreender é re-atualizar sua representação e escolher seu nível de representação e de compreensão.
  - Níveis autônomos, com ótimo de compreensão.
  - (Rasmussen) Dimensões: "abstrato-concreto" e "todo-parte".
  - Diferentes níveis de representação implicam em lógicas alternativas de metas e meios para o operador.
  - Compreensão da mesma situação varia com o nível de representação selecionada pelo operador.
  - Seleção baseia-se em identificar objetivos e meios disponíveis e ser capaz de ajustá-los ao menor custo cognitivo.
- Detectar insuficiências da representação sinais de alerta dependem da representação e compreensão inicial.

Sinais de incompreensões e níveis de representação  
inicial (pág 143)

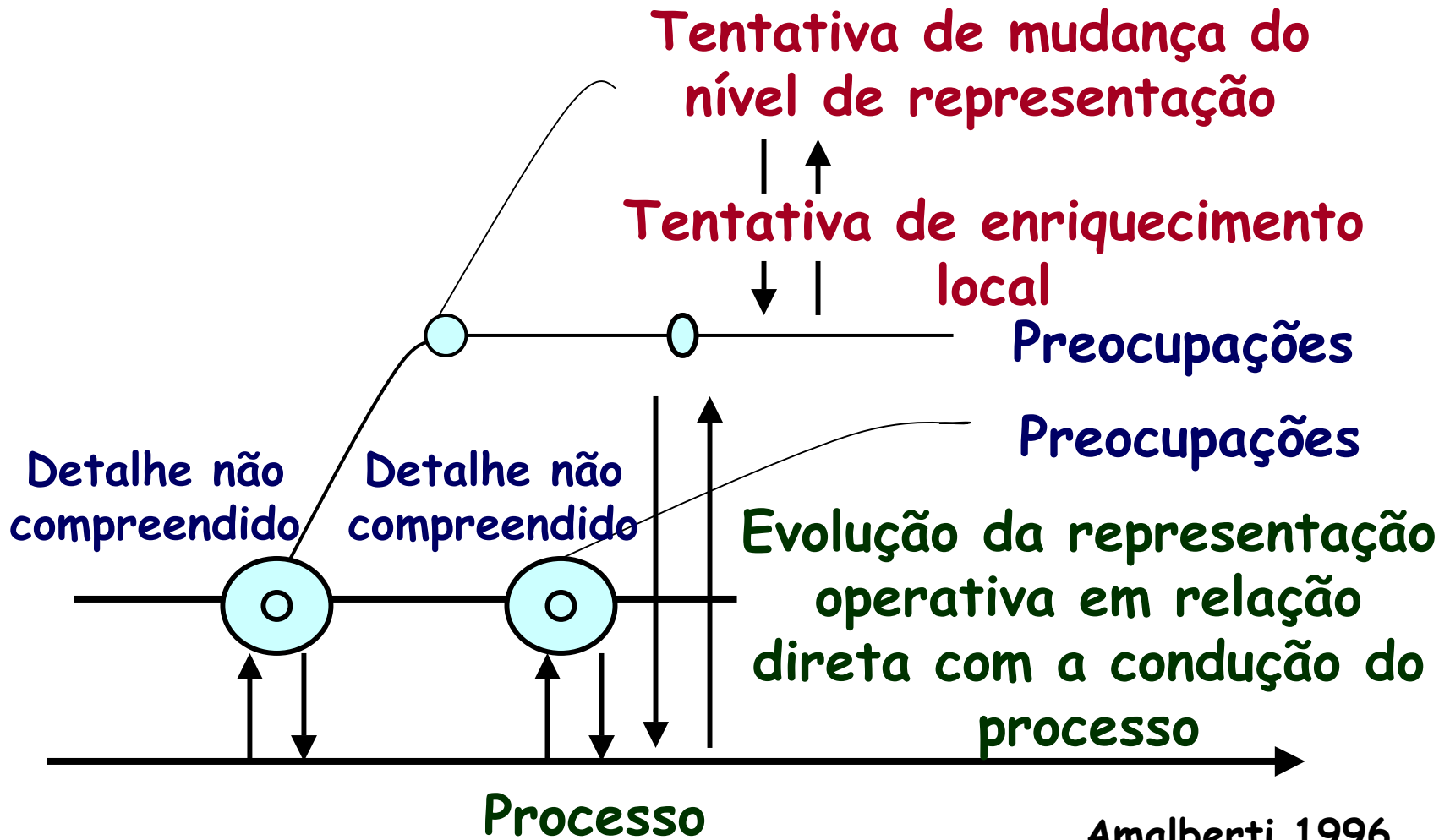
# Gestão sincrônica do CC



## Atualização da representação: gestão sincrônica

- 1) Mudar de nível de abstração
  - Elevar nível de abstração da representação simples (ação, objetos a manipular) à "reflexiva" (raciocínios associados à ação, alargar campo espaço-temporal da repres.)
- 2) Enriquecer o nível da representação
  - Expansão da representação inicial a partir de incidentes habituais ligados ao tipo de situação.
- 3) Reconstruir a representação (parcial ou total)
  - Quando 1 e 2 falham. Rara. Eleva custo
- 4) Esperar para reorganizar atividade sem riscos excessivos

# Gestão de recursos: o modelo multifios de gestão de incompreensões:





# Gestão de incompreensões: aceitar incompreensões

- 1) Controle em amplitude: Heurísticas (modos de fazer):
  - 1) Abrir o mínimo possível de preocupações:
    - Triar o que compreender com base na "expertise" e na distância em relação aos objetivos
    - "Expertise" permite tolerar incompreensões de aspectos secundários da tarefa
  - 2) Fechar ou transformar preocupações:
    - Aumentar nível de abstração, agrupar fatos sem explicação e diminuir o n° de fios.
- 2) Controle em profundidade
  - 3) Diluir a gestão no tempo

# Dimensões da compreensão em situação dinâmica

Amalberti 1996

- 1) Paralelismo  $\times$  atividade linear (pipe-line):
  - Linear: percepção depois compreensão depois tratamento e, por fim, ação
  - Paralelismo: Atividades cognitivas desenvolvem-se em paralelo a diferentes níveis de abstração
- 2) Autonomia da compreensão versus dependência em face da ação:
  - Ação regula compreensão em função da economia e das exigências dinâmicas
- 3) Independência versus dependência do processo:
  - Paralelismo permite representação dual: a) operativa e interativa com o processo e b) no chão de fábrica e em revisão. Em relação com checagem de prazos de objetivos intermediários.

# Compreensão e domínio das incompreensões: Gestão sincrônica do CC



Outras dimensões do compromisso: gestão de tarefas, detecção de erros e a confiança em si e no sistema

- **Gestão de tarefas (face às interrupções e ao estresse)**
  - **Intenção focalizada e tarefa**
  - **Decisão (de realizar tarefa) relaciona-se com:**
    - **Motivação e esperança de sucesso (Nguyen et al 1990).**
    - **Saliência de informações disponíveis**
- **Proteção contra seus próprios erros**
  - **Planos, decisões, saber-fazer, interface do sistema não impedem a possibilidade de erros. É preciso:**
    - **Vigiar-se na realização de raciocínios e ações**
    - **Vigiar a  $q$ / do funcionamento e a fiabilidade dos intermediários gráficos que auxiliam a orientação**
- **Confiança: correr o risco calculado para evitar outros riscos**
  - **Confiança no sistema**
  - **Confiança em si mesmo.**

# Proteção contra seus próprios erros

- Estratégias de detecção de seus erros (Rizzo et al 1994):
  - Retro-ação interna: julga, a posteriori, traços curiosos do modo que concebeu a solução
  - Retro-ação externa a partir da ação: idem, em relação à execução motora de cálculos e ações
  - Retro-ação pelo resultado (julgado bizarro)
  - Funções "pressionadas": bloqueios ou resistências ambientais não esperados
  - Incerteza sobre a intenção (inibe progressão)
  - Verificação de rotina
- Proteção contra riscos de erros nas interações com o sistema

## Estratégias de detecção de seus erros :

- Alwood (1984): Eficácia na tarefa não se correlaciona com n° de erros e sim com a sua detecção.
- Erros cometidos parecem servir à tomada de consciência de sua atividade pelo sujeito e à regulação (via metacognição) de seu CC.
- Tarefa + complexa; > n° de incompreensões, > temor de erros de compreensão, investe + na compreensão em detrimento das atividades que tratava por automatismos e ou sem controle:  
Aumenta n° de erros de rotina.
- Com a experiência: consagra-se à compreensão e introduz defesas cognitivas em profundidade para detectar erros de rotina

# Proteção contra riscos de erros nas interações com o sistema

- Controles (sensitivo-motores) de procedimentos
    - Exs: preparar inserção de parâmetros ou organizar janela de tempo, ao perceber chegada de pressão de tempo; (“astúcias, precauções” ..)
    - > carga de trabalho, < controle sistemático e automático e > controle regulado e consciente
  - Reforços da confiança sobre a normalidade do processo via:
    - Polissemia: atribuir vários significados para um só significante
    - Semelhanças de superfície: Ex: paralelismo entre parâmetros
- “Tudo que está apagado funciona corretamente. No painel de comando só permanece o que é útil, está em tratamento ou constitui alarme”

# A Confiança: correr risco calculado para evitar outros riscos

- **Confiança no sistema**
  - Evolução dos mecanismos cognitivos envolvidos: 1) fé, 2) explicação e previsibilidade e 3) experiência
- **Confiança em si**
  - Fase inicial ou de defesa
  - Fase de exploração ou de aquisição da confiança
  - Fase de retração ou de preferência



# Espaço virtual do conjunto dos conhecimentos

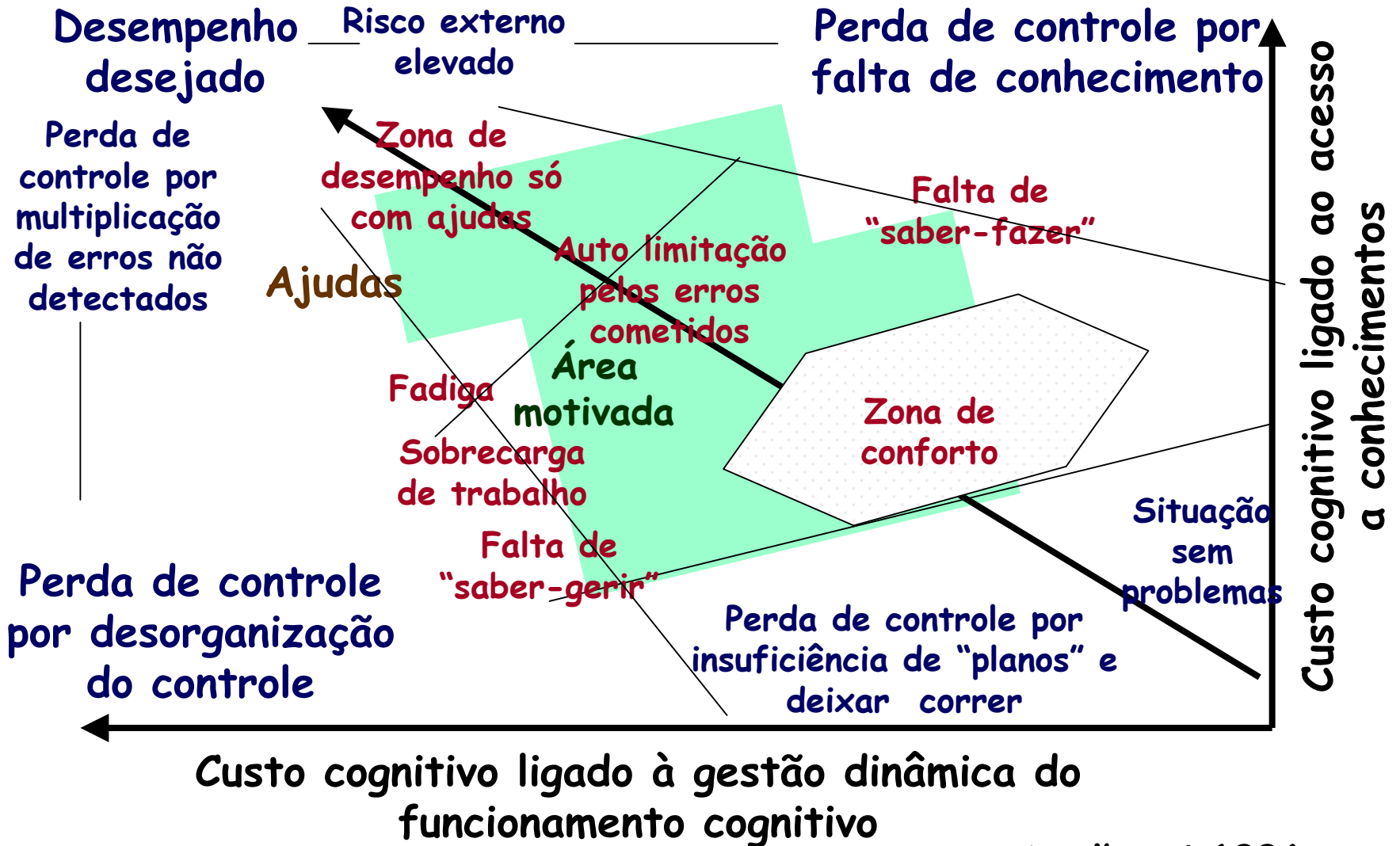
3) Retração com a experiência

1) Conhecimento no final da aprendizagem

2) Expansão até a experiência

Confiança

# Zonas de regulação do compromisso cognitivo



**Cap 8. Um modelo de cognição  
dinâmica com dois componentes:  
compreensão-ação e controle -  
contextual**

**Resume o modelo e as heurísticas  
(modos de fazer) que permitem que o  
operador assegure sua própria  
segurança e a do sistema**

# Componentes do modelo da cognição dinâmica (compromisso cognitivo - CC)

Amalberti 1996

- 1) Modelo da compreensão-ação (correr riscos: planejar, antecipar, automatizar)
  - 1.1) Soluções para compreender sem ultrapassar recursos disponíveis
  - 1.2) Soluções para agir
- 2) Modelo do controle contextual (controle de riscos: experiência, confiança, metacognição)
  - 2.1) Defesas para aceitar risco inicial:
  - 2.2) Defesas para controlar risco inicial
  - 2.3) Regulação do CC face à carga de trabalho, estresse e fadiga

## Cap 9. Conseqüências para ajudas ao operador

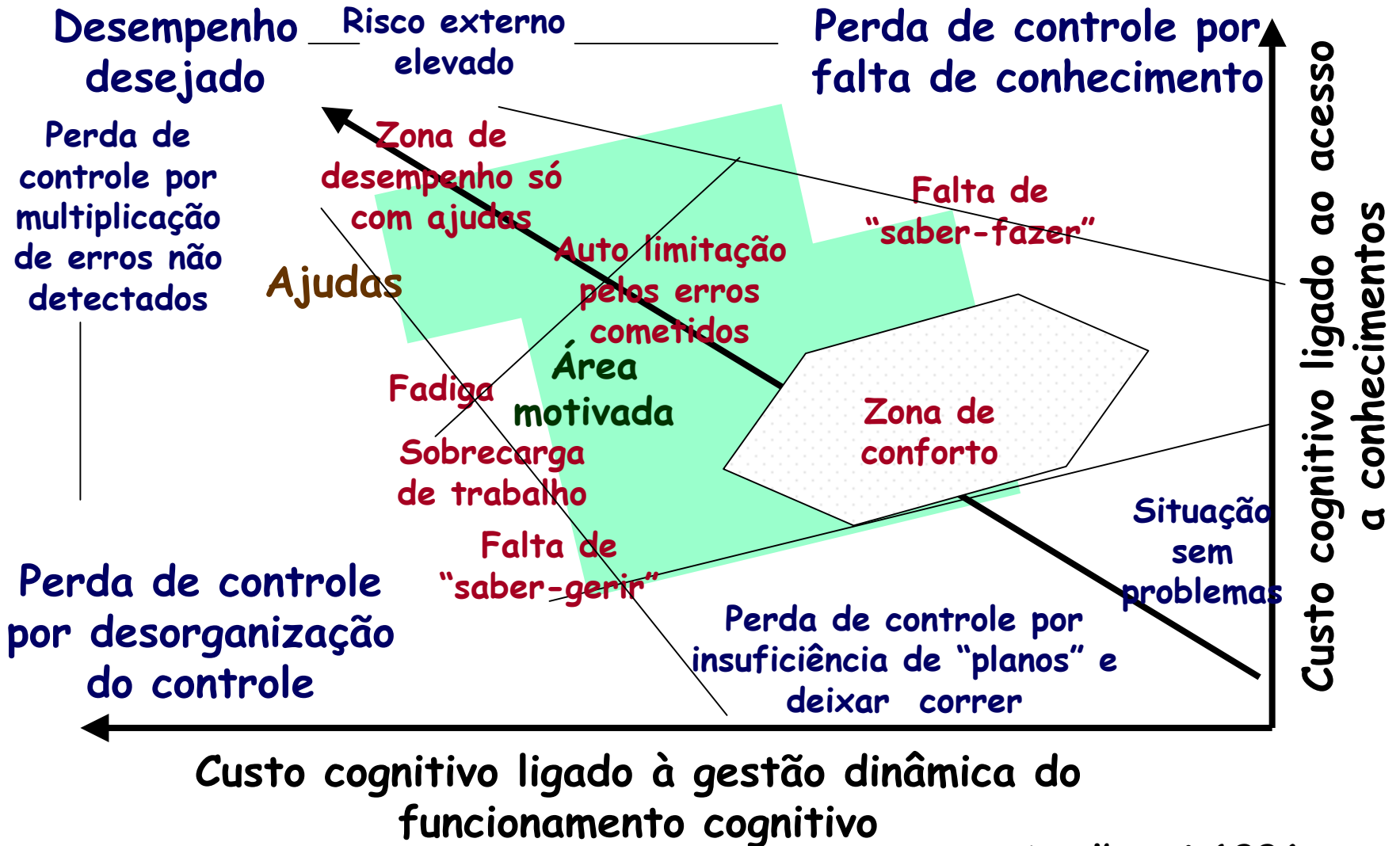
Discute o complexo papel do erro na regulação do CC distinguindo dois domínios da segurança não necessariamente em interação positiva:

- a) as múltiplas falhas menores do cotidiano cuja melhoria serve ao desempenho global do sistema e
- b) uma segurança mais ambiciosa que refere-se à prevenção de grandes catástrofes

Riscos de lançar o desempenho além de seu limiar natural podendo desequilibrar o CC.

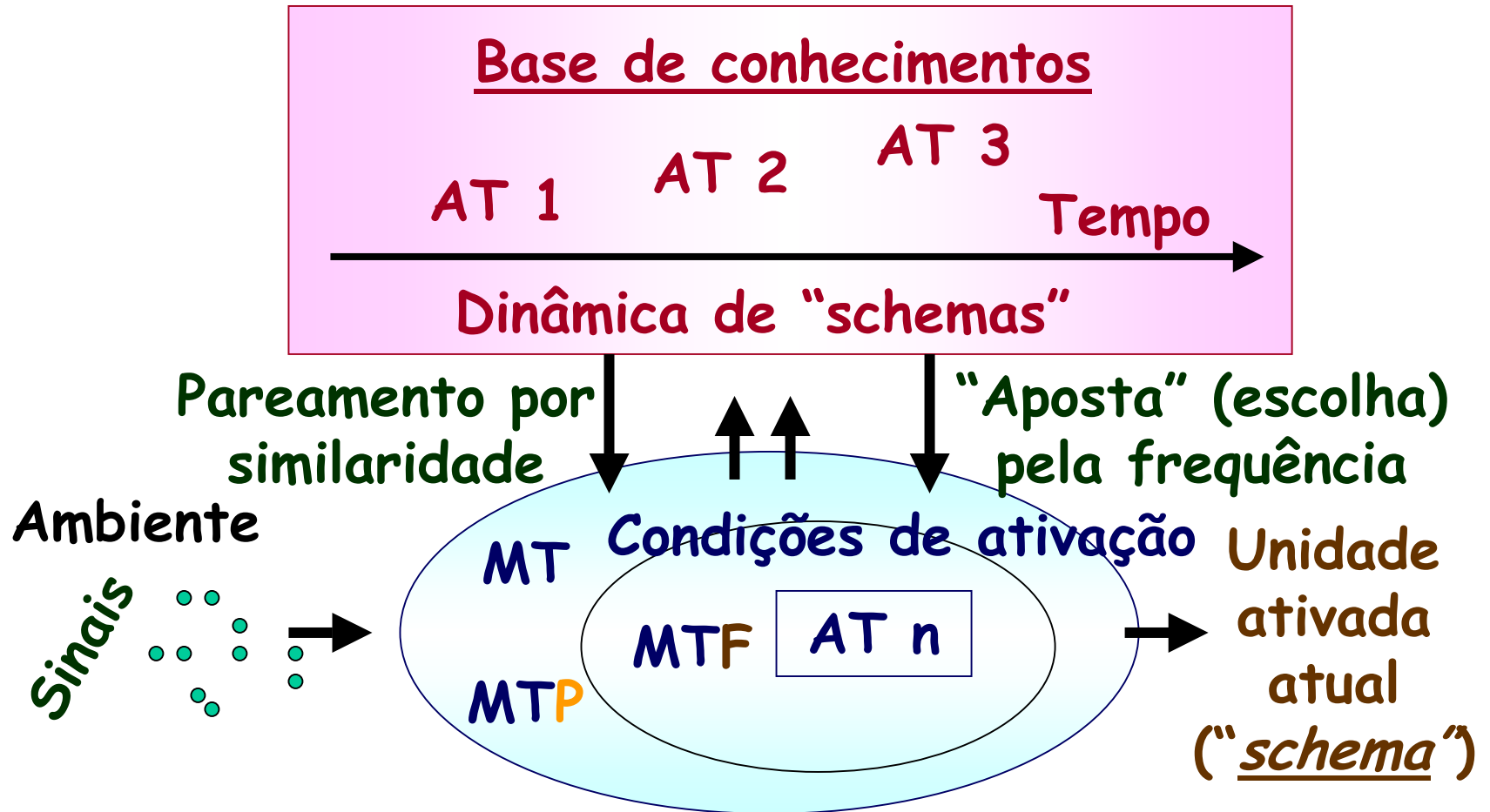
Conceitua ajuda ecológica ou natural

# Zonas de regulação do compromisso cognitivo



# Elementos estruturais do modelo cognitivo

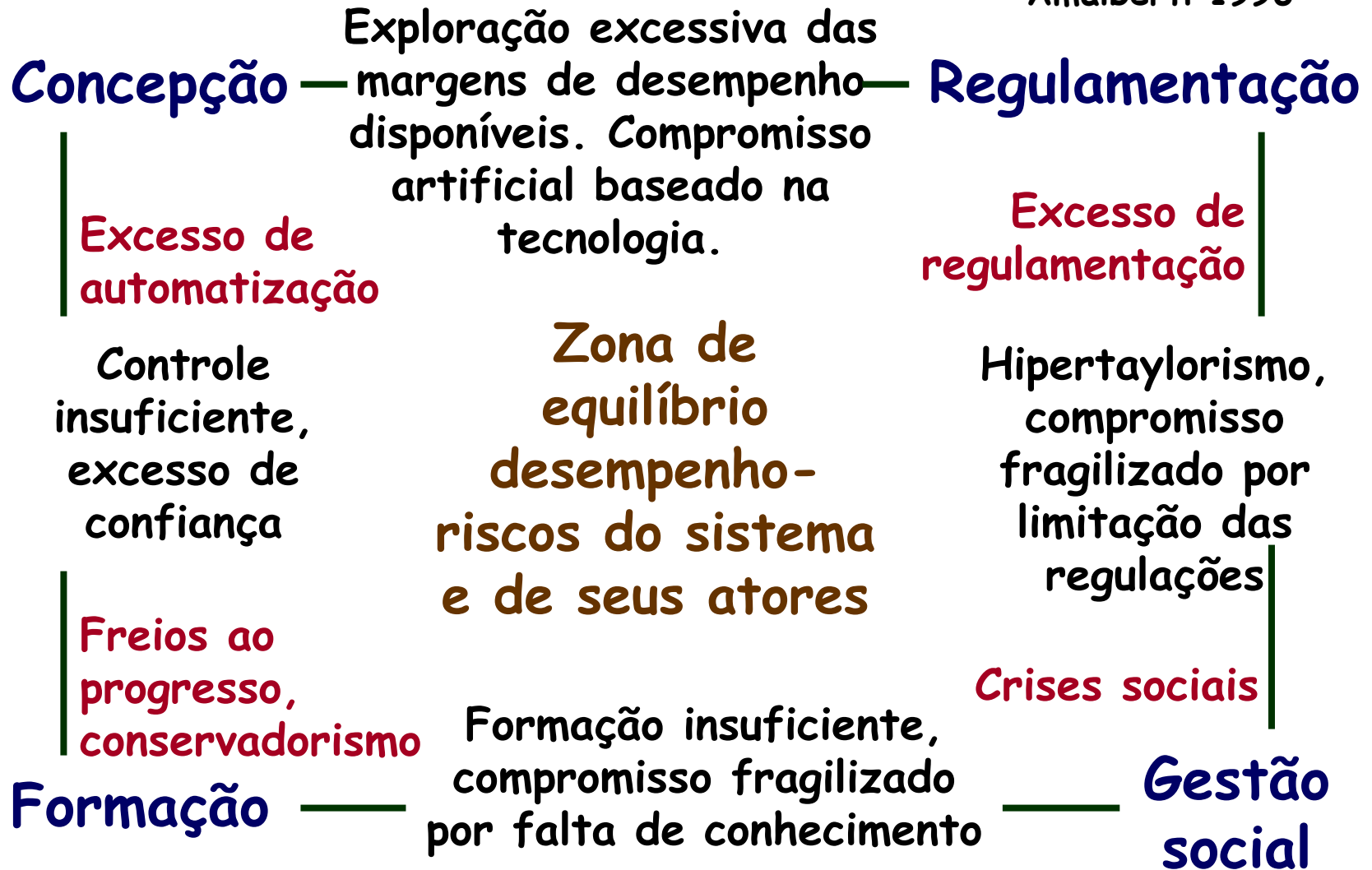
(Decortis et Cacciabue 1991)



MT, MTF, MTP= Memória de trabalho, MT focal e MT periférica

# Ações possíveis e ameaças a evitar para manter o compromisso cognitivo

Amalberti 1996





# Eficácia e proteção do sistema cognitivo

Controle da exposição a riscos: metacognição e confiança

Controle da dinâmica do sistema.

Proteções em série contra riscos

Execuções residuais.

Correr riscos nas revisões da

Heurística de detecção e de recuperação de erros

Heurística de controle e gestão das tarefas em

Heurística de controle da

Automatização das

Construção da representação

Riscos na simplificação do universo.

Intenções, nível de desempenho visado, planejamento-antecipação

Ferramentas cognitivas de construção e manipulação da representação da situação

Memória, raciocínio

Amalberti 1996

# Limitantes da cognição dinâmica: complexidade e dificuldade

Amalberti 1996

- Objetivos pouco especificados, problemas na interface homem-máquina, intenções inadequadas, imprecisas, dirigidas para objetos não prioritárias, acúmulo de "erros latentes".
- Insuficiência ou inadequação de conhecimentos
- Conhecimentos inacessíveis no momento pretendido, falhas em sistemas de comunicação
- Reducionismo ou inadequação da representação de mundo

# Metodologia de análise de conhecimentos operacionais

Amalberti 1996

- 1) Análise do domínio de aplicação e dos conhecimentos sobre o domínio
  - Leituras
  - Entrevistas com profissionais
- 2) Análise dos conhecimentos propriamente ditos de um profissional
  - Entrevista fora do contexto da atividade
  - Abordagem durante da atividade

- Tipos de erros
- Falhas da representação
- Erro de execução: rotinas