

# O AMBIENTE DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO (P&D) SOBRE O ENFOQUE DA TEORIA DA COMPLEXIDADE EM INSTITUIÇÕES DE PESQUISA TECNOLÓGICA (IPTS)

**Amilton Fernando Cardoso**, [amilthon@terra.com.br](mailto:amilthon@terra.com.br)

**Arnoldo Souza Cabral**, [cabral@ita.br](mailto:cabral@ita.br)

Instituto Tecnológico de Aeronáutica, Praça Marechal Eduardo Gomes, 50 – Vila das Acácias, CEP 12.228-900 – São José dos Campos – SP – Brasil

**Resumo.** *Na concepção atual de administração, a organização baseada em pesquisa e inovação tecnológica emerge como uma opção ideal de estrutura organizacional para enfrentar as propriedades emergentes das demandas temporárias e únicas, dentro de um mercado complexo. Os SACs exibem coerência diante da mudança, interagindo e trocando informações com o ambiente em mudança, mas com pontos de alavancagem, onde uma pequena ação pode levar as mudanças significativas (Stacey, 2000). Neste sentido, o presente trabalho tem como objetivo precípua discutir os conceitos da teoria da complexidade e verificar a utilização do sistema adaptativo complexo como um modelo para abordar o ambiente de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D). Quanto aos procedimentos metodológicos, a pesquisa se caracteriza como descritiva, com abordagem predominantemente qualitativa, realizada por meio de uma pesquisa de desenvolvimento e bibliográfica. O estudo, enfim, destacou que as organizações vivem, cotidianamente, período de ordem/ desordem/ interação/ organização, sem entrar em processo de desagregação. Essa constatação dá novos rumos para o estudo da Teoria das Organizações e que se invista mais na integração e aprendizagem dos agentes que as integram e, com isso poderem se auto-organizar continuamente.*

**Keywords:** *Pesquisa e desenvolvimento, Teoria da complexidade, Pesquisa tecnológica,*

## 1. INTRODUÇÃO

A concepção atual de administração e teoria organizacional destaca a criação e o uso da informação, que desempenham papel estratégico no crescimento e na capacidade de adaptação da empresa. O fato está relacionado ao número de interações entre os indivíduos com o ambiente, interno e externo, que aumentam progressivamente.

A abordagem ao mercado é interdisciplinar devido ao fato de os clientes demandarem cada vez mais soluções integradas, não somente produtos e serviços isoladamente.

Neste contexto, a organização baseada em pesquisa e inovação emerge como uma opção ideal de estrutura organizacional para enfrentar as propriedades emergentes das demandas temporárias e únicas, dentro de um mercado complexo.

Os SAC's exibem coerência diante da mudança, interagindo e trocando informações com o ambiente em mudança, não necessariamente com uma coordenação central, mas com pontos de alavancagem, onde uma pequena ação pode levar as mudanças significativas.

Há conceitos-chave como autonomia, cooperação, agregação e auto-organização que podem ser aplicados a Instituições de Pesquisa Tecnológica (IPTS) para melhor entender a dinâmica do seu rol de ações em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) e obter melhores resultados.

O objetivo do artigo é discutir os conceitos da teoria da complexidade e utiliza o sistema adaptativo complexo como um modelo para abordar o ambiente de pesquisa e desenvolvimento.

## 2. TEORIA DA COMPLEXIDADE: CONTRIBUIÇÕES PARA O ESTUDO DAS ORGANIZAÇÕES

Observa-se que cada vez mais os estudiosos do fenômeno organizacional se dão conta de que não estão sozinhos quando percebem que suas organizações não estão funcionando bem. Essas e outras questões que desafiam o estudo organizacional podem ser respondidas de várias formas, dependendo do enfoque com que as mesmas são olhadas. Estudiosos filiados à visão mecanicista de mundo e estudiosos da teoria da complexidade, por exemplo, respondem às indagações de modo bastante diferenciado.

Stacey (2000) destaca que o argumento dos teóricos da concepção mecanicista das organizações indica que a maneira dominante de pensar sobre as organizações (que teve suas origens na concepção newtoniana, na qual o universo era compreendido como um mecanismo de relógio) preconiza que o sucesso das mesmas depende da busca da estabilidade e do controle sobre meios e fins. O todo é a simples soma das partes, e este tipo de pensamento da relação parte-todo influenciou não só os estudos das ciências em geral, mas também, foi aplicado às organizações. Esse modo de pensar fez com que gerentes conduzissem suas ações com base em previsões antecipadas do futuro, escolhas deliberadas de estratégias, planejamento de longo prazo, mensuração quantitativa das atividades e o controle das mesmas, de maneira detalhada.

A perspectiva clássica, por conseguinte, pensa o fenômeno organizacional como uma estrutura bem delineada de causa e efeito linear, e a principal preocupação dos gerentes orientada por essa perspectiva é a vinculação das regras

causais SE/ENTÃO. A pressuposição é de que há um conjunto de regras que são ótimas, ou seja, que produzem o mais eficiente resultado global, advinda das ações das partes ou de membros isolados da organização (Stacey, 2000).

Bauer (1999, p. 53) relata que “a ciência, tal como historicamente conduzida, procurou sempre descobrir unicamente certezas. Todo conhecimento reduzia-se à ordem e, toda a aleatoriedade seria apenas aparência, fruto da ignorância humana”. Morin (apud Bauer, 1999, P.53) indica que “a racionalidade constitui-se de cinco conceitos-chave: ordem, determinismo, objetividade, causalidade e, principalmente, controle”.

O conhecimento das leis da natureza tinha por objetivo último controlá-la, colocá-la submissa aos desígnios do homem e, a incerteza e a desordem eram inimigas de tal projeto. “Não é à toa que toda linguagem desenvolvida pelo homem para referenciar a desordem tem conotação negativa: instabilidade, indeterminismo, incerteza, desordem, desequilíbrio, não-linearidade, entre outros” (Bauer, 1999, p. 53). Uma outra perspectiva para responder às muitas indagações as quais se colocam às organizações contemporâneas é aquela apresentada pela teoria da complexidade, a qual traz uma nova alternativa para se compreender a própria sociedade porque busca unir fatos que até então eram tratados de forma fragmentada. Essa ótica vê o mundo como um processo de fluxo e mudança com os mesmos elementos, fazendo infinitas combinações.

Os métodos de investigação desse novo enfoque são divergentes do pensamento mecanicista, e por isso, num primeiro momento alimenta algumas confusões conceituais, como na forma de pensar as instabilidades e incertezas, nos elementos que se auto-organizam e, nos sistemas que rompem com o conceito de que para se conhecer um objeto precisa-se separá-lo. Mas ao mesmo tempo não elimina a possibilidade de se agregar alguns valores das “velhas” teorias porque ela se faz da soma desses elementos. E, aí reside o grande diferencial. Erdmann (1995, p.3), evidencia que “a complexidade e a pluralidade da vida social não está em uma realidade única. Aprender a heterogeneidade e a complexidade social ultrapassa em muito o uso dos mecanismos de redução e de identidade da vida e de sua fecundidade”.

A ótica da complexidade indica que as relações sociais são marcadas pela interação entre pessoas e empresas que formam uma rede de agentes que atuam em um ambiente e procuram adaptar-se através de um processo de aprendizagem (Stacey e Holland Apud Silva e Rebelo, 2003, P.781). Neste sentido, segundo a visão sistêmica da vida, a assertiva de Capra (2002) elucida que o surgimento espontâneo da ordem, bem como a dinâmica da acoplagem estrutural, que ocasiona as mudanças estruturais perenes que caracterizam todos os sistemas vivos, são tidos como fenômenos básicos determinantes do processo de aprendizagem. Nesse sentido, afirma Choo (2003, pg. 83), que “a informação é fabricada por indivíduos (agentes) a partir de sua experiência passada e de acordo com as exigências de determinada situação na qual a informação deve ser usada.

Um modelo de informação deve englobar a totalidade da experiência humana: os pensamentos, sentimentos, ações e o ambiente onde eles se manifestam”. A complexidade pode ser entendida como um tipo de pensamento que não separa, mas une as relações necessárias e interdependentes de todos os aspectos da vida humana, integrando todos os modos de pensar. “Opõe-se, [portanto], aos mecanismos reducionistas e simplificadores, além de considerar as influências recebidas do ambiente interno e externo, enfrentar a incerteza e a contradição, e conviver com a solidariedade entre os fenômenos existentes” (Morin, 2000, p. 132). Consoante esse autor, a complexidade sempre existiu e se amplia continuamente, aparecendo onde o pensamento simplificador falha.

Erdmann (1995) esclarece que não se pode entender a complexidade como complicação e imposição de dificuldades, ou seja, imbricação de ações, interações, retroações, que fogem da possibilidade do exercício do pensar sobre as mesmas. É algo mais profundo que emergiu várias vezes na história da filosofia. Quanto mais complexo um sistema for, maior será a sua capacidade de operar com a desordem.

Para Choo (2003), os problemas mudam com o tempo, à medida que novas informações são recebidas e as pessoas alteram suas percepções. Os problemas atuam como substitutos do ambiente de uso da informação e, como contêm uma boa dose das demandas mais evidentes do ambiente de uso, definir as dimensões do problema permite inferir as necessidades de informação de maneira mais sistêmica. Associando o conceito de sistema com complexidade,

Agostinho (2003b, p.29), enfatiza que os SAC's são organizações em rede formadas por inúmeros agentes, os quais são elementos ativos e autônomos, cujo comportamento é determinado por um conjunto de regras e pelas informações a respeito de seu desempenho e das condições do ambiente imediato. O comportamento global do sistema emerge, então, como efeito da combinação das interações (não-lineares) entre os diversos componentes.

Agostinho (2003b) indica quatro princípios: autonomia, cooperação, agregação e auto-organização como sendo capazes de explicar como a ação-autônoma individual leva à auto-organização sistêmica. Autonomia - a autonomia é definida como “a faculdade do indivíduo orientar sua ação com base em sua própria capacidade de julgamento” (Agostinho, 2003a, p.9), que leva à flexibilidade e robustez em relação às perturbações externas. A autonomia não se contrapõe a certo grau de centralização e pode levar a adaptabilidade, aumento da diversidade, aprendizagem, redução de erros, solução de conflitos. Cooperação - “É necessário que haja cooperação mútua e coordenação para que seja possível que o conjunto de ações de vários indivíduos autônomos convirja para o benefício do sistema” (Agostinho, 2003a, p.65).

Simon apud Agostinho (2003a), acrescenta ainda que, além da cooperação, existe a necessidade de coordenação. Cabe salientar que um subsequente pilar da cooperação é a reciprocidade. Agregação - Holland apud Agostinho (2003b), afirma que, por intermédio de uma espécie de “rotulagem”, um indivíduo é capaz de reconhecer com quem ele

poderá obter benefícios mútuos, selecionando as interações úteis. Auto-organização - Quando há a iminência de uma nova situação, os indivíduos realizam uma combinação de experiências testadas em momentos anteriores para modelar a situação em que se encontram (Holland apud Agostinho, 2003b).

Erdmann (1995a, p.11) evidencia que a auto-organização se apresenta como resultante da capacidade de fazer face às perturbações aleatórias do ambiente, por desorganizações seguidas de reorganizações internas, absorvendo, tolerando, integrando o erro e/ou ruído aos causadores das perturbações.

### 3. SISTEMAS ADAPTATIVOS COMPLEXOS

Dentro da teoria da complexidade, é importante estudar o conceito de sistemas adaptativos complexos e sua utilização para sistemas sociais. Sistemas que se adaptam e aprendem, gozando de autonomia em suas ações são característicos de ambientes de P&D. Por isso, os conceitos encontrados nos sistemas adaptativos complexos, aplicados a ambientes intensivos em conhecimento, como são os ambientes de P&D, podem trazer uma abordagem mais eficaz para este mundo onde a percepção da mudança se torna mais aguda.

Holland (1996) apud Agostinho (2003b, p.27) descreve um sistema adaptativo complexo da seguinte forma: Sistemas adaptativos complexos são bastante diferentes da maioria dos sistemas que tem sido cientificamente estudados. Eles exibem coerência sob mudança, via ação condicional e previsão e eles fazem isso sem direção central. Ao mesmo tempo, parece que sistemas adaptativos complexos têm pontos de alavancagem, onde pequenas quantidades de input produzem grandes e direcionadas mudanças. O fato de exibir “coerência” sem uma “direção central” sugere que tais sistemas se auto-organizam, isto é, os padrões ordenados emergem espontaneamente das interações entre seus diversos componentes.

Agostinho (2003b, p.36) aponta quatro conceitos-chave que definem a abordagem dos sistemas adaptativos complexos – autonomia, cooperação, agregação e auto-organização – relacionando-os da seguinte forma: Indivíduos autônomos, capazes de aprender e de se adaptarem, cooperam entre si obtendo vantagens adaptativas. Tal comportamento tende a ser selecionado e reproduzido, chegando ao ponto em que estes indivíduos cooperativos se unem formando um agregado que também passa a comportar-se como um indivíduo e assim por diante. Diz-se, então, que o sistema resultante se auto-organiza, fazendo emergir um comportamento global cujo desempenho também é avaliado por pressões de seleção presentes no ambiente (externo e interno).

Assim, estes quatro conceitos mostram como a ação autônoma individual leva à auto-organização sistêmica, que é a filosofia central dos SACs e pode ser considerada como uma “nova mentalidade de gestão”. A capacidade de auto-organização de uma empresa está intimamente ligada a seu sistema tecnológico, o qual funcionaria como mediador entre os fins da empresa seu ambiente externo. Daí a necessidade de entender as organizações como sistemas sócios técnicos e não simplesmente sociais, onde uma das grandes preocupações é a adaptação a um ambiente turbulento (Emery, 1993 apud Agostinho, 2003a).

A abordagem da complexidade e os estudos realizados sugerem que o desejo de controle e a obrigação de intervir que sentem os administradores deveriam ser substituídos por uma postura mais voltada à integração com o sistema organizacional e, principalmente, por uma preocupação com o desenvolvimento de um conjunto de metaregras incorporadas por todos os agentes do sistema. A incorporação das metas regras é proporcional à participação e autonomia dos agentes no sistema (Giovannini e Kruglianskas, 2002).

As metaregras são regras gerais que dão origem a regras específicas e práticas, mais próximas da operação e execução das ações. Isto reforça a noção de autonomia, como base dos sistemas adaptativos complexos, e a não intervenção de uma autoridade ou coordenação central. Os agentes autônomos se alimentam das metaregras globais e geram suas regras locais.

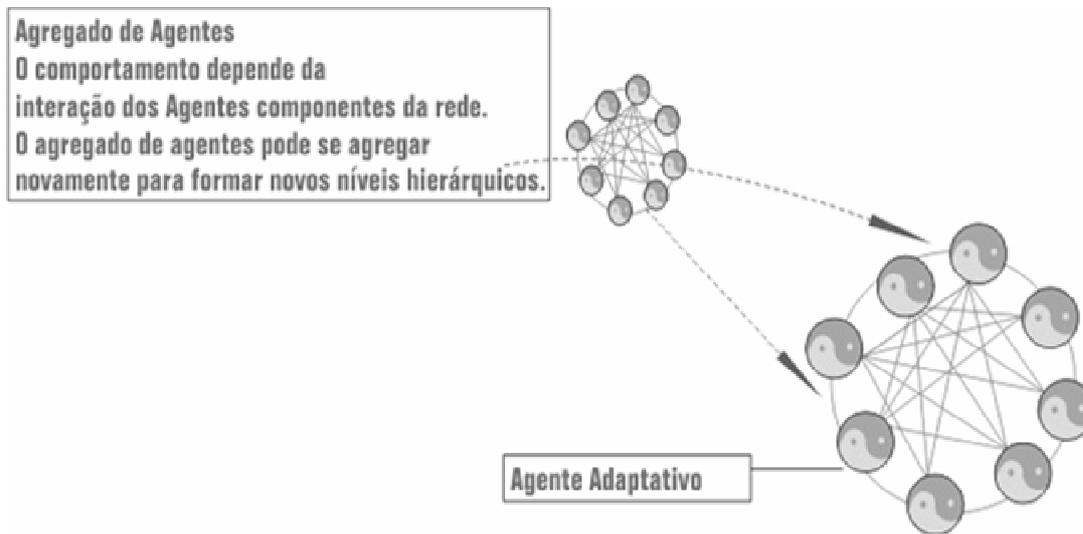
Koch e Godden (2000), que foram consultores dos conselhos diretores de empresas nos últimos 25 anos, criticam as teorias gerenciais existentes, considerando-as deficientes, tanto em realismo como em radicalismo. E apontam para um modelo genuinamente diferente para a grande empresa do futuro: um modelo que foge da gerência e cria algo ao mesmo tempo extremamente ambicioso e extremamente simples. Eles chamam este modelo de “gerenciar sem gerência”. Citam três exemplos de grandes empresas, onde este modelo já está sendo praticado: CNN, AES e Microsoft.

Esta constatação de Koch e Godden (2000) está alinhada com os conceitos da teoria da complexidade, onde “gerenciar sem gerência” implica em se organizar sistemas adaptativos complexos, que exibem coerência sem uma direção central (gerência) e se auto-organizam. Os sistemas adaptativos complexos conseguem quebrar uma cena complexa em vários elementos que, apesar de nunca estarem combinados daquela forma, já foram vistos antes. A experiência com estes elementos orienta a ação em situações novas.

Holland (1995) apud Agostinho (2003a) chamou tal mecanismo, de decompor situações passadas para posterior recombinação em situações novas, de *building blocks*, que serão chamados de blocos de construção.

Holland (1995) afirma que os Sistemas Adaptativos Complexos são, sem exceção, formados por um grande número de agentes ativos que diferem em forma e capacidade de interação no sistema. Sendo necessário para entendermos as interações entre esses agentes, primeiro conhecermos as capacidades dos agentes individualmente.

Observa-se a existência de complementaridade entre as definições de Stacey e Holland para Sistema Adaptativo Complexo. O esquema de Holland, de um Sistema Adaptativo Complexo, mostrado na figura 1, aborda de maneira simples e concisa as duas definições citadas de Sistema Adaptativo Complexo.



Fonte: Adaptado de Holland (1995).

Figura 1- Sistema Adaptativo Complexo.

Sistemas Adaptativos Complexos, cujos agentes são seres humanos, tais como organizações e companhias, possuem as seguintes características distintas: todo indivíduo é membro de diferentes sistemas: a família, a empresa, etc., os sistemas em sua maioria são sociais, e não construções naturais, o que implica que surgiram por terem sido projetados: companhias, indústrias, e assim por diante; os agentes destas organizações são afetados por emoções como a compaixão, ansiedade, dentre outras; não somos simples bactérias com um repertório simples de ações.

O desenvolvimento da teoria das organizações conforme nos mostra a figura 2, sintetiza o arcabouço teórico que comprova a relevância desta percepção.



Fonte: Silva (2004)

Figura 2- Um olhar da teoria das organizações.

Na abordagem das lógicas gerenciais descritas na quadro 1, parte-se das proposições geradas pelo estudo de Dijksterhuis, Van Den Bosch, Volberda (1999, p.575), no qual os autores relacionam a lógica gerencial clássica às sinapses de número entre as partes, existindo nesta lógica a preocupação com medidas quantitativas, sendo que o tamanho e densidade organizacionais apresentam-se como niveladores de mudanças.

Lógica gerencial	Conceito de Racionalidade	Abordagem Ambiental	Abordagem Organizacional
CLÁSSICA	Técnico	Sistema Fechado	Sistema Racional
MODERNA	Organizacional	Sistema Aberto	Sistema Racional/Liberal
PÓS-INDUSTRIAL	Substancial	Sistema Aberto/Fechado	Sistema natural

Fonte: Dijksterhuis; Van Den Bosh; Volberda (1999)

Quadro 1 - Lógicas Gerenciais

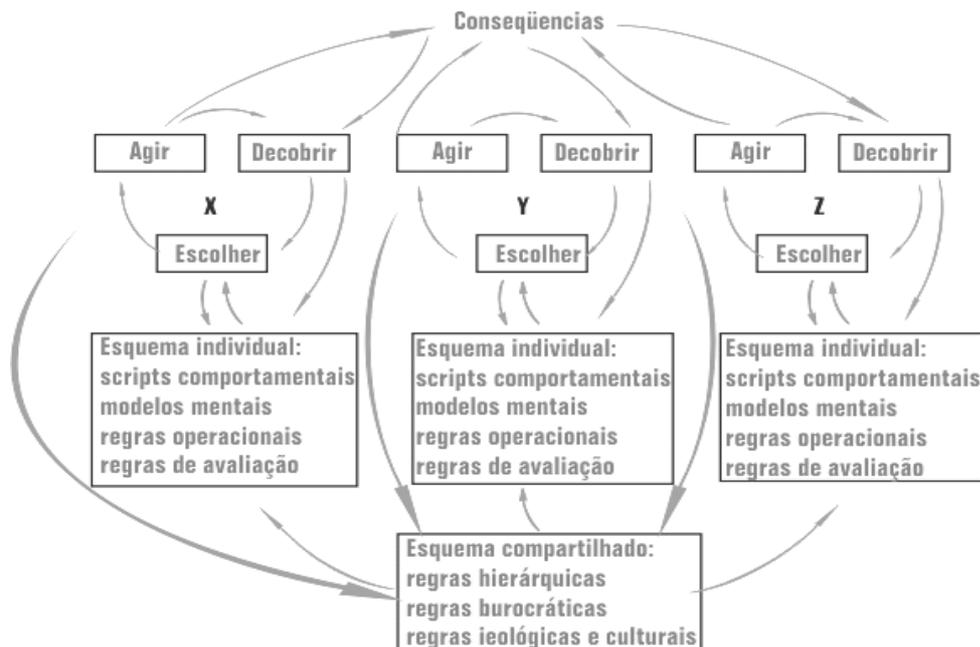
Dijksterhuis, Van Den Bosch, Volberda (1999) justificam a necessidade da lógica da administração pós-industrial em função de que as outras lógicas atuam de forma racional dentro de uma estrutura pré-estabelecida. As lógicas clássicas e modernas são bastante eficazes no desenvolvimento de atividades em ambientes estáveis ou em circunstâncias nas quais a mudança é previsível. Se essas condições forem violadas, as organizações começam a passar por problemas.

Na análise do quadro 1, observa-se a adequação da proposição de Dijksterhuis, Volberda e Van den Bosh (1999, p. 579): “torna-se importante compreender que cada uma das lógicas administrativas que emergiu no século XX pode ser encontrada no pensamento atual das organizações”. Dijksterhuis, Volberda e Van den Bosh (1999) atribuem aspectos importantes à emergência de novas lógicas administrativas, relacionando estas lógicas às forças sócio-psicológicas e técnico-econômicas que geram mudanças abrangentes na ciência. Estes fatores econômicos, políticos, organizacionais, abrem uma lacuna entre o estado atual das organizações e o desempenho desejado.

No atual cenário competitivo, no entender de Borba e Siedenberg (2003) torna-se necessário para a sobrevivência das organizações o abandono do paradigma que por muito tempo orientou o processo de administração, onde o foco era centrado nos lucros e nos resultados. Sobreviver aos impasses das contínuas mudanças (econômicas, sociais, políticas, biológicas, tecnológicas) exige grande capacidade de adaptação e reação a estas mudanças.

Com base nesta discussão teórica, observa-se a relevância da definição de Stacey para organizações, ao considerá-las como SAC's. Stacey (1996, p. 16) explica: “organizações são redes que consistem de um grande número de agentes -pessoas- que interagem uns com os outros de acordo com um conjunto de regras de conduta que nós chamamos de esquemas”.

Observa-se, na figura 3, a presença de esquemas individuais e compartilhados, sendo os individuais passíveis de mudança pela aprendizagem, ao passo que os compartilhados, evoluem por meio de interações e diálogos, ambos podem se apresentar de maneira reativa e pró-reativa.



Fonte: Adaptado de Stacey (1996).

Figura 3 - Rede organizacional de três agentes

Organizações percebidas como Sistemas Adaptativos Complexos apresentam criatividade e capacidade de inovação, à beira do caos ou desintegração. Este é um estado onde indivíduos apresentam interação tanto no sistema legítimo quanto no sistema sombra da organização com conceitos e ações que acabam por descartar seu legítimo sistema a fim de mudá-lo.

As empresas precisam de pessoas adaptáveis, capazes de tolerar os inevitáveis altos e baixos. Contratar esse tipo de pessoa seria o enfoque fundamental para uma empresa que busca elevar o seu nível de inovação. O que se quer são pessoas que abracem a incerteza, tomem a iniciativa e não temam ações sem uma direção imediatamente identificável. Esta afirmação está alinhada com a noção de SAC's e com a ausência de uma coordenação central. A autonomia por si só não é garantia de um bom desempenho sistêmico, havendo necessidade de cooperação mútua e coordenação para que seja possível que o conjunto das ações de vários indivíduos autônomos convirja para o benefício do sistema.

A cooperação será geralmente ineficaz, não atingindo seus objetivos, na ausência de coordenação, sejam quais forem as intenções dos participantes. A coordenação, como sendo o processo de informar cada um sobre o comportamento planejado dos outros, é uma das condições básicas da cooperação: a capacidade de se reconhecer as estratégias dos demais (Agostinho, 2003a). É importante salientar que a coordenação proposta aqui não é a de uma autoridade central, mas de haver um processo de informação sobre o comportamento planejado dos outros.

O processo de auto-organização não consegue ocorrer com encontros esporádicos através de reuniões. Para isso, a comunicação ágil é extremamente importante (Giovannini, 2002). A gestão das comunicações e a sua importância para o sucesso das pesquisas tem se evidenciado nos últimos tempos. A questão de prazo, custo e qualidade tem se revelado como sendo apenas a "ponta do iceberg".

Em resumo, a aplicação dos sistemas adaptativos complexos em P&D tem o seu valor na criação de condições para que sistemas auto-organizados emergjam de cada pesquisa e do portfólio de pesquisas. Desta forma, a presença de metaregras uma ênfase na gestão das comunicações podem ser melhores trabalhadas tendo por objetivo a auto-organização.

#### 4. INSTITUIÇÕES DE PESQUISA TECNOLÓGICA (IPTS)

Considerando-se que os principais objetivos das Instituições de Pesquisa Tecnológica (IPTs) são promover a inovação tecnológica e prestar serviços para solucionar problemas da sociedade, estas duas linhas de ação são desenvolvidas da inovação tecnológica e de prestação de serviços.

A globalização e os incentivos nacionais e/ou restrições fazem com que as instituições revejam todo o processo de gestão organizacional e as práticas decorrentes.

Grier (1999) menciona alguns dos fatores de mudança: a) Globalização: mercado altamente competitivo; redução dos recursos provenientes do governo e de outras fontes tradicionais; inovações e novas tecnologias produzidas em um ritmo muito mais intenso do que há alguns anos atrás. b) Incentivos Nacionais e/ou Restrições: No caso de países desenvolvidos: indústria com alto grau de desenvolvimento e altamente exigente; indústria disposta a pagar por serviços de alta qualidade e desenvolvimento de novas tecnologias; apoio à C&T. No caso de países menos desenvolvidos: as transnacionais não apresentam interesse em receber auxílio das IPTs locais; as indústrias locais são constituídas principalmente por pequenos e médios investimentos; apoio extremamente limitado à C&T.

Grier (1999) propõe às instituições de pesquisa tecnológica, em um ambiente restritivo, como é o caso do Brasil: melhorar o desenvolvimento dos institutos de pesquisa tecnológica por intermédio de novas estratégias de gestão; procurar consolidar alianças estratégicas; investir na formação e no treinamento de recursos humanos; investir em pesquisas aplicadas voltadas para o desenvolvimento tecnológico.

Grier (1999) diz que para que progressos sejam alcançados no âmbito das atividades científicas, vários tipos de cooperação são exigidos, como os seguintes: desenvolvimento de pesquisas em nível multinacional; criação de redes conjuntas de pesquisa, inclusive entre os países em vias de desenvolvimento; acordos internacionais voltados à implementação de megapesquisas; arranjos internacionais voltados à especialização em nível de pós-graduação.

Observa-se, assim, que as recomendações dizem respeito a pesquisas em nível multinacional e megapesquisas, o que reforça a importância do desenvolvimento adequado de um sistema de gerenciamento, o que se encaixaria numa "nova" estratégia de gestão nas instituições de pesquisa tecnológica. Além disso, os termos "cooperação", "alianças estratégicas", "redes conjuntas de pesquisa" indicam a possibilidade de utilizarmos a teoria da complexidade para modelar a atuação das IPTs neste contexto de mudança e globalização.

Houve um processo gradual no modelo do desenvolvimento industrial brasileiro até a década de 1990, quando este sofre uma ruptura com a abertura de mercado e a reorganização da indústria (Souza e Sbragia, 2000). Com isso, as mudanças passaram a ser mais profundas e freqüentes, exigindo uma nova postura não só da indústria, como também das IPTs.

Nos últimos anos, está ocorrendo uma diminuição da participação do Governo no orçamento das IPTs, o que tem levado as mesmas a realizarem mais pesquisas de prestação de serviços, como forma de complementarem a receita. Assim, as IPTs são obrigadas a competir com outras organizações e entre si próprias num cenário que exige maior qualidade dos produtos e serviços, menor tempo de desenvolvimento dos produtos, recursos limitados e onde há

concorrência com redes globais. Em especial, o ambiente de redes é característico daqueles intensivos em conhecimento, como é o ambiente de P&D, onde as IPTs estão inseridas (Souza, 2004).

Pelo exposto, as IPTs, em especial as brasileiras estão sujeitas a maiores desafios para sobreviverem no mercado, conseqüência da abertura de mercado, da globalização e da concorrência cada vez maior, o que exige uma nova postura, principalmente com relação à sua gestão.

## **5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

A pesquisa se caracteriza como descritiva, com abordagem predominantemente qualitativa, realizada por meio de uma pesquisa de desenvolvimento e bibliográfica.

## **6. AS INSTITUIÇÕES DE PESQUISA TECNOLÓGICA (IPTS) COMO SISTEMAS ADAPTATIVOS COMPLEXOS**

De acordo com Obadia (2004), a organização vista como um sistema complexo é caracterizada pelas seguintes propriedades: o resultado global é diferente da soma dos resultados das partes; inabilidade para prever: o sistema é sensível às condições iniciais, deve-se adotar o estilo de planejar com aprendizado; inabilidade para controlar: não é possível controlar o que acontece ao sistema; auto-organização e emergência: padrões ordenados e privilegiados, chamados de atratores, emergem simplesmente como resultado das relações e interações entre os agentes, e simultaneamente retro alimentam essas interações; habilidade para influenciar: os atratores emergentes do sistema podem ser influenciados, pelo menos quando os agentes são seres humanos.

Obadia (2004) ainda salienta a atuação dos agentes de mudança como pessoas da organização que, de forma consciente, participam e contribuem para o processo de mudança. Tais agentes atuam continuamente como agentes reguladores do processo de intervenção, tanto no ambiente formal (hierárquico) como no sistema informal (sistema sombra) da organização.

Quando o ambiente é de rotina, estável e o mercado é relativamente previsível, as empresas podem tirar vantagem de estruturas organizacionais funcionais e mecanicistas, com descrições de trabalho claramente definidas, limites operacionais estáveis e formas de trabalho tayloristas. No caso de rápidas mudanças nas condições de mercado e tecnológicas, estilos de organização e gestão abertos e flexíveis (orgânicos) são requeridos, os quais são capazes de unir funções como P&D e marketing (Hobday, 1999).

Atualmente, tem-se difundido o conceito de organização caórdica, que apresenta padrões de ordem em meio a uma aparente desordem (caos). Neste tipo de organização, Bardyn e Fitzgerald (2003) sugerem que as seguintes ações sejam tomadas: a) estabelecer uma área inicial de ordem, tendo em mente que o tamanho desta área inicial de ordem influenciará o restante; b) criar um ambiente de aprendizado para maximizar o uso da mudança; c) criar um canal mínimo informal de comunicação, sempre conectado, além dos canais formais; d) um sistema evolucionário é necessário para continuar a evoluir, ou senão a organização morre.

Os IPTs tem suas ações baseadas na inovação tecnológica e prestação de serviços. Nelas, a pesquisa é o instrumento básico de realizar negócios na empresa e a forma mais adequada de enfrentar o ambiente de turbulência e mudanças atual, para lidar com atividades inovadoras, únicas e transitórias. Os SACs tem como principal característica a adaptação, ajustando o seu comportamento a partir da percepção sobre as condições do meio ambiente e do seu desempenho. Assim, são utilizados os conceitos de SAC para desenvolver a organização relacionando o tema complexidade a P&D.

## **7. CONCLUSÃO**

A concepção atual de administração e teoria organizacional destaca a criação e o uso da informação, que desempenham papel estratégico no crescimento e na capacidade de adaptação da empresa. As organizações, sob novas formas, rompem as fronteiras da inércia na busca constante de se manterem competitivas no mercado em que atuam.

A teoria da complexidade e o conceito de sistema adaptativo complexo são utilizados como uma nova mentalidade de gestão operacional de um IPT, onde se parte da autonomia individual dos pesquisadores para se chegar à auto-organização sistêmica da instituição.

Além disso, o foco de aplicação são as instituições de pesquisa tecnológica, o que é raro encontrar na literatura: pesquisa e inovação, teoria da complexidade e instituições de pesquisa tecnológica integrados num mesmo trabalho.

A teoria da complexidade é um assunto bastante amplo, que pode ser aplicada em diversas situações, não só em ambientes intensivos em conhecimento, mas em situações onde exista o caos criativo. Por isso, sugere-se o aprofundamento do estudo da aplicação da teoria da complexidade nos diversos ambientes, pois se acredita que possa se transformar num novo paradigma de gestão.

O campo de aplicação deste trabalho, no Brasil estima-se que existem mais de 140 instituições de pesquisa tecnológica. Ainda, este estudo pode ser estendido para a aplicação da teoria da complexidade na gestão corporativa

para os centros de P&D cativos situados dentro das empresas privadas, principalmente as de médio e grande porte, e para as instituições de P&D dentro das universidades, o que amplia bastante o escopo de aplicação deste trabalho.

Fora do ambiente de P&D, pode ser estendido para outras organizações intensivas em conhecimento e criatividade, como empresas de marketing e design, onde se desenvolvem pesquisas inovadoras e complexas.

## 8. REFERÊNCIAS

- AGOSTINHO, M. C. E. *Administração complexa: revendo as bases científicas da administração*. RAE eletrônica, São Paulo, V.2, N.1, jan-jun/2003a. 18p. Disponível em: [www.rae.com.br/eletrônica](http://www.rae.com.br/eletrônica). Acesso em: 20 de mar. 2008.
- \_\_\_\_\_. *Complexidade e organizações: em busca da gestão autônoma*. São Paulo: Atlas, 2003b.
- BARDYN, JANET; FITZGERALD, DONNA. *The Uses of Chaos Theory in Project Management*, 2003. Disponível em [http://www.newgrange.org/white\\_papers/uses\\_of\\_chaos\\_theory.htm](http://www.newgrange.org/white_papers/uses_of_chaos_theory.htm). Acesso em 01 de abr. 2008.
- BAUER, R. *Gestão da mudança: caos e complexidade nas organizações*. São Paulo: Atlas, 1999.
- BORBA, M. & SIDENBERG, D. *Organizações que aprendem: potencializando e compartilhando o desenvolvimento*. In: Desenvolvimento regional: abordagens interdisciplinares. Organizadores: Dinizar F. Becker, Milton Luiz Wittmann. Santa Cruz do Sul: EDUNISC, 2003.
- CAPRA, F. *As conexões ocultas*. Trad. Marcelo Brandão Cipolla. São Paulo: Cultrix, 2002.
- CHOO, CHUN WEI. *A Organização do Conhecimento*. São Paulo: Ed. SENAC, 2003.
- DIJKSTERHUIS, M. S.; VAN DEN BOSH, F. A. J.; VOLBERDA, H. W. *Where do new organizations come from? Management logic as a source of coevolution*. Organization Science, v. 10, n. 5, p. 569-582, sep/oct, 1999.
- ERDMANN, A. L. *A complexidade no cotidiano de um sistema organizacional de cuidados de enfermagem hospitalar*. Florianópolis: UFSC, 1995. (Tese de Doutorado em Enfermagem).
- GIOVANNINI, FABRIZIO. *As Organizações e a Complexidade: Um Estudo dos Sistemas de Gestão da Qualidade*. 2002. 218 p. Dissertação (Mestrado em Administração) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo-SP, 2002.
- GIOVANNINI, FABRIZIO; KRUGLIANSKAS, ISAK. *A Complexidade e a Eficácia Organizacional: Um Estudo Multicasos de Sistemas de Gestão da Qualidade*. 2002. Disponível em <http://www.ead.fea.usp.br/wpapers>. Acesso em: 14 mar. 2008.
- GRIER, DAVID. *Melhores Práticas Operacionais para a Gestão de Instituições de Pesquisa Tecnológica: Uma Ferramenta para a Reestruturação das Instituições de Pesquisa Tecnológica*. Anais da ABIPTI, 1999.
- HOBDA, MICHAEL. *Innovation in Complex Products and Systems: Limits of the Project-based Organisation*, University of Sussex, 1999. Disponível em <http://www.cops.ac.uk>. Acesso em: 15 de mar. 2008.
- HOLLAND, J. *Emergence: from chaos to order*. Massachusetts: Perseus Books, 1995.
- KOCH, RICHARD; GODDEN, IAN. *Gerenciar sem Gerência: Um Manifesto Pós-Gerencial para Simplificar os Negócios*. Rio de Janeiro, RJ. Editora Rocco, 1996.
- MORIN, E. *Ciência com consciência*. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertand Brasil, 2000.
- OBADIA, ISAAC J. *O Sistema de Gestão do Instituto de Engenharia Nuclear: Características e Resultados*. Anais da ABIPTI (Associação Brasileira das Instituições de Pesquisa Tecnológica), 2004.
- SILVA, A. B. *Um olhar da teoria das organizações*. Biguaçu: UNIVALI, Programa de Mestrado em Administração, anotações de aula de Teoria das Organizações, 2004.
- SILVA, A. B.; REBELO, L. M. B. *A emergência do pensamento complexo nas organizações*. Revista de Administração Pública, Rio de Janeiro, V.37, N.4, Jul-Ago, 2003. 20p.
- SOUZA, CRISTIANO A. *O Escritório de Projetos em Instituições de Pesquisa Tecnológica*. Anais da ABIPTI, 2004.
- SOUZA, W. H.; SBRAGIA, ROBERTO. *Institutos Tecnológicos Multidisciplinares: Contribuições para uma Reestruturação Institucional e Organizacional*. Anais da ABIPTI, 2000.
- STACEY, R. D. *Complexity and creativity in organizations*. Berret-Koehler Publishers, Inc.: San Francisco, 1996.
- \_\_\_\_\_. *Complexity and management*. New York: Routledge, 2000.

## 8. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído neste trabalho.