

A abordagem sistêmica na pesquisa em Engenharia de Produção

Alfredo Iarozinski Neto^{a,*}, Maria Silene Leite^b

^{a,*}alfredo.iarozinski@gmail.com, UTFPR, Brasil

^bleite@ct.ufpb.br, UFPB, Brasil

Resumo

A Engenharia de Produção está afeta a problemas que se caracterizam pela complexidade. Para serem resolvidos, esses problemas demandam conhecimentos que vão além da matemática e da física, como ocorre nas engenharias mais clássicas. Eles necessitam de uma abordagem que permita o acesso ao conhecimento de várias disciplinas simultaneamente, ou seja, uma abordagem interdisciplinar. Para praticar a interdisciplinaridade e sistematizar o processo de pesquisa na Engenharia de Produção é apresentada a abordagem sistêmica. Ela é capaz de levar em conta o conjunto das variáveis que caracterizam os problemas considerados complexos. A base metodológica escolhida para implementar a abordagem sistêmica é a sistemografia, que permite ampliar o horizonte de pesquisa para aproximar a realidade do fenômeno observado. Finalmente, será mostrada como a abordagem sistêmica permite que o pesquisador trabalhe em um nível maior de subjetividade sem perder a tão necessária “objetividade” científica.

Palavras-chave

Pesquisa em Engenharia de Produção. Teoria Geral de Sistemas. Abordagem sistêmica. Metodologia de pesquisa.

1. Introdução

A Engenharia de Produção apresenta certas particularidades que a distinguem das outras engenharias. A diferença está na inclusão de sistemas humanos e na utilização de conhecimentos das ciências sociais no rol de suas ações. Este fato aumenta significativamente a complexidade dos problemas tratados pela Engenharia de Produção.

Em função da complexidade dos problemas abordados, a ação do pesquisador na área de Engenharia de Produção deve se pautar em uma visão mais ampla possível do problema a ser tratado, para que a maior parte dos fatores envolvidos seja considerada na sua formulação e compreensão. Em decorrência dessas características, a Engenharia de Produção é um campo fértil para a aplicação da abordagem sistêmica na solução de seus problemas. O objetivo dessa abordagem é identificar os conceitos gerais que possam transitar entre as várias áreas do conhecimento e como ele pode ser transferido de uma área para outra no sentido de melhorar a compreensão dos fenômenos e buscar novas soluções (DONNADIEU et al., 2005; SANFORD, 2004; OLIVEIRA, 2001; ZANDI, 1986).

As características dos problemas enfrentados pela Engenharia de Produção se refletem em dificuldades específicas do processo de pesquisa (BERTO; NAKANO, 2000). Dessa forma, para que haja uma consolidação da área na ciência é necessário melhorar a qualidade metodológica das pesquisas (MIGUEL, 2007). Portanto, o objetivo deste trabalho é mostrar como a abordagem sistêmica pode contribuir para solucionar problemas enfrentados pela Engenharia de Produção que envolvem fenômenos considerados complexos. Para tanto apresentar-se-á uma proposta sistemática de intervenção que será o fundamento de uma estratégia de pesquisa adequada ao estudo dos fenômenos percebidos como complexos.

2. As características dos “problemas” tratados pela Engenharia de Produção

Weaver (1948) propôs uma classificação para sistemas em três níveis de complexidade: sistemas simples, complexidade organizada e desorganizada. Mais tarde, Morin (1977) também apresentou três níveis de complexidade para os sistemas: simples,

complicado e complexo. Os sistemas simples são aqueles que podem ser facilmente compreendidos em sua integralidade. Os complicados, para serem compreendidos podem ser reduzidos a sistemas simples sem que sua essência seja destruída. Já os complexos só podem ser compreendidos em sua globalidade. Não há como fazer simplificações para o seu entendimento. Qualquer tentativa de simplificação acarretará em perdas para a inteligibilidade do sistema.

Boulding (1956) apresentou um modelo hierárquico da complexidade, conforme mostra a Figura 1. Esta classificação está baseada em um modelo em nove níveis de complexidade, cada um deles determinado pela distinção de características próprias. O autor argumenta que os três primeiros níveis fazem parte da categoria dos sistemas físicos ou mecânicos. Os níveis da célula, da planta e do animal pertencem à categoria dos sistemas biológico, botânico e zoológico. Na sequência, o nível humano e o nível da organização social são objetos dos cientistas sociais. O último nível, os sistemas transcendentais, pertence ao campo de investigação da filosofia. A divisão em nove níveis é conveniente, mas não se deve fixar apenas neles. Certamente, a quantidade de níveis é igual à diversidade dos próprios sistemas existentes, ou seja, infinita. O modelo dos níveis de complexidade estabelecido pelo autor coincide com o aparecimento de propriedades emergentes distintas. Para um observador, cada nível vai apresentar novas propriedades emergentes, exigindo novos instrumentos de observação e medidas.

Boulding (1956) discute a evolução dos sistemas a partir da preocupação com a superespecialização da ciência e a falta de comunicação entre os seus diferentes campos. O referido autor propõe uma hierarquia da complexidade que contemple conceitos abrangentes que possam agrupar os sistemas, independente do campo de atuação, assim como possibilitar a comunicação entre os níveis. O objetivo de Boulding (1956, 1985) é mostrar que existem sistemas de campos científicos diferentes que apresentam características similares. Por isso, podem ser agrupados em um determinado nível de evolução.

A Engenharia de Produção aborda uma gama ampla de problemas, incluindo os níveis de fenômenos dos mais simples aos mais complexos, segundo a escala de complexidade de Boulding (1956). Os problemas simples e complicados podem ser resolvidos com as abordagens clássicas das ciências. Não é o caso dos problemas complexos.

A complexidade é algo que nos escapa à compreensão, isto é, não pode ser entendida em sua totalidade. Assim, não é possível definir com

exatidão o que é complexo. Em geral, um fenômeno pode ser considerado complexo quando o observador lhe imputa as seguintes características:

1. O sistema é constituído por uma grande variedade de componentes ou elementos que possuem funções múltiplas e comportamentos variados.
2. Os elementos estão em constante evolução e são influenciados por eventos que não podem ser previstos com certeza.
3. A informação sobre o estado de todos esses elementos não pode ser conhecida em sua totalidade.
4. Os diversos elementos estão unidos por uma grande variedade de inter-relações.

Os problemas clássicos da Engenharia de Produção, tais como a concepção, a implantação e a análise de sistemas integrados de gestão de produção e logística, possuem essas características e, portanto, podem ser considerados como problemas complexos. Eles envolvem vários elementos em interação que estão em constante evolução, de forma não totalmente previsível, em que as informações são apenas parcialmente conhecidas.

Dessa forma, na Engenharia de Produção uma parcela dos problemas abordados pode ser considerada como problemas complexos. Para solucionar esta classe de problemas é necessária uma abordagem que vá além dos conhecimentos contidos em uma única disciplina, ou seja, para resolvê-lo é preciso utilizar conhecimentos de várias áreas científicas simultaneamente e de forma integrada (BRUCE et al., 2004; SANTOS, 2003; BAZZO; COLOMBO, 2001). A maior dificuldade reside no fato do conhecimento científico estar dividido em disciplinas isoladas tais como a matemática, a física, a biologia, a economia, a psicologia, a sociologia, a administração e a engenharia.

A Engenharia de Produção não é o único caso em que os problemas se tornaram mais complexos; praticamente em todas as áreas houve um aumento na percepção da complexidade dos problemas a serem tratados (RUSSELL et al., 2007; NEVES, 2006; CARAYANNIS; COLEMAN, 2005; LI et al., 2004; SILVA, 2000). A abordagem utilizada para solucionar estes problemas passou progressivamente de uma abordagem disciplinar para abordagens multidisciplinares, pluridisciplinares, interdisciplinares e, atualmente, busca-se alcançar uma abordagem transdisciplinar (VIDEIRA, 2004). A Figura 2 mostra esquematicamente como uma mesma realidade pode ser observada por essas várias abordagens.

A pesquisa baseada em uma abordagem disciplinar está associada a um único nível de

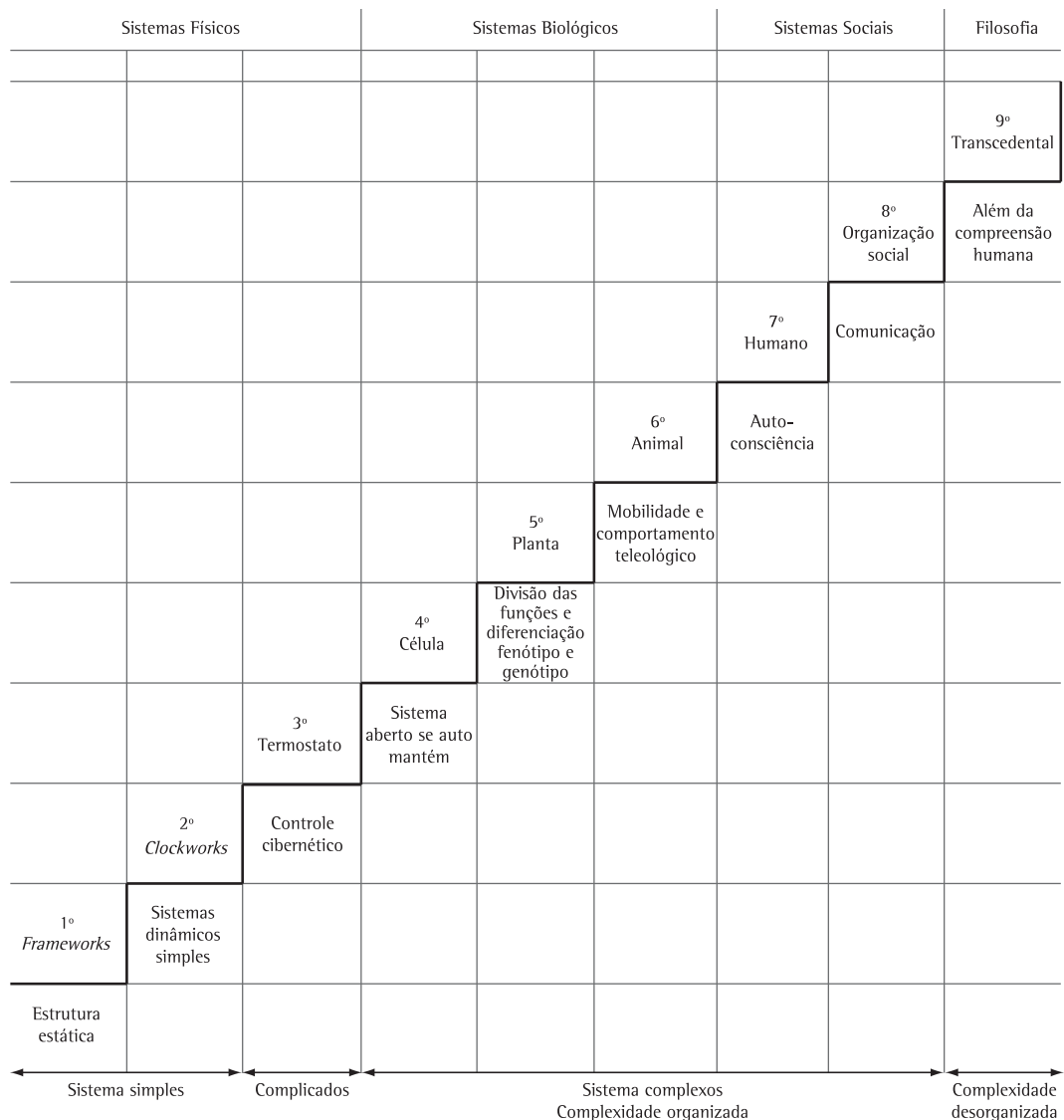


Figura 1. A hierarquia da complexidade dos sistemas. Fonte: Adaptado de Boulding, 1956.

realidade. O fenômeno em estudo é observado sob a ótica de apenas uma disciplina do conhecimento. É a abordagem da ciência clássica. Nesse artigo, o conceito de disciplina deve ser entendido como um conjunto de conhecimentos especializados e focados em um domínio científico específico e homogêneo. Assim, por exemplo, um sistema produtivo poderá ser estudado apenas do ponto de vista da matemática como um modelo de relações a serem otimizadas, o que está muito longe da realidade.

A multidisciplinaridade é caracterizada pela intervenção de várias disciplinas para estudar um mesmo fenômeno. Cada disciplina irá intervir dentro da sua ótica de forma sequencial ou paralela sem que haja cooperação entre elas. Dessa forma, o sistema produtivo será analisado do ponto de

vista da otimização dos fluxos de materiais pela matemática, como um sistema de agregação de valor do ponto de vista da economia e como um sistema social do ponto de vista da sociologia. Entretanto, não haverá nem integração nem complementaridade dos conhecimentos gerados por cada uma das disciplinas intervenientes na análise do objeto observado.

Na pluridisciplinaridade o fenômeno também é estudado por meio da ótica de várias disciplinas de forma independente. Entretanto, há troca de conhecimentos entre as disciplinas a partir da cooperação entre elas, de forma a enriquecer o conhecimento sobre o fenômeno. Existe uma justaposição de diversos campos de saber situados geralmente no mesmo nível hierárquico, mas não

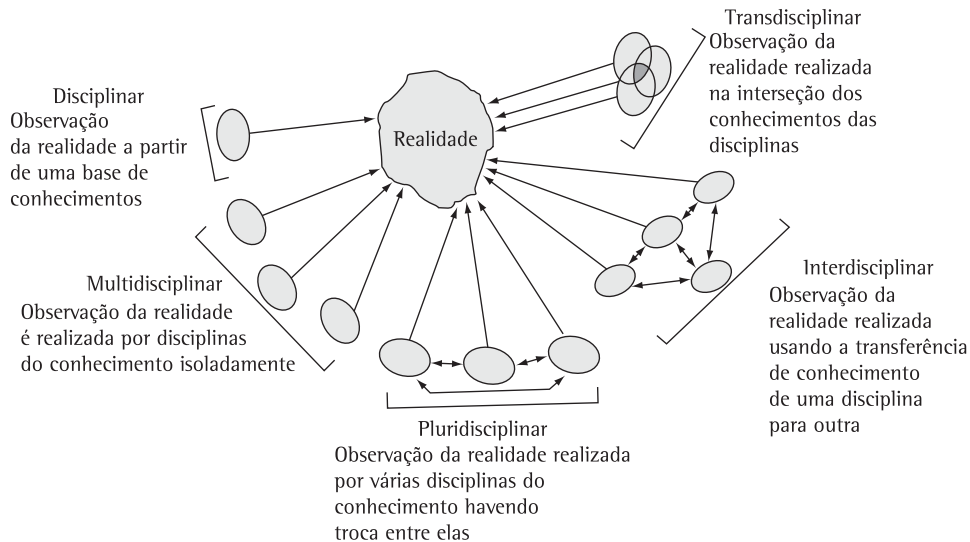


Figura 2. As várias abordagens disciplinares para se observar a realidade.

há nenhuma coordenação (SILVA, 2000). Assim, a análise econômica do sistema produtivo será utilizada para melhorar os resultados da otimização matemática dos fluxos de materiais e a análise sociológica irá levar em conta as formas de gestão para organizar o sistema de modo a melhorar sua eficiência na agregação de valor.

Na interdisciplinaridade existe um intercâmbio de conceitos, conhecimentos e métodos entre as disciplinas. Nesta abordagem há uma interação participativa de um grupo de disciplinas conexas, cujas relações são definidas a partir de um nível hierárquico superior, ocupado por uma delas (JANTSCH; BIANCHETTI, 1999). O objetivo é a “transferência de métodos de uma disciplina para outra” (NICOLESCU, 2005). No caso do estudo de um sistema produtivo estaria ocorrendo uma abordagem interdisciplinar quando fosse utilizada, por exemplo, a Teoria dos Grafos oriunda da matemática para estudar as interações entre indivíduos que formam o sistema social de uma organização (MARTINO; SPOTO, 2006).

Finalmente, a transdisciplinaridade ocorre a partir da interseção dos conhecimentos de várias disciplinas. Para Nicolescu (2005), o prefixo “trans” indica aquilo que está ao mesmo tempo entre as disciplinas, através das diferentes disciplinas e além de qualquer disciplina. Nas abordagens anteriores os objetivos estavam inscritos numa estrutura de pesquisa disciplinar. Na transdisciplinaridade existe uma integração das disciplinas, conduzida pela necessidade de observação da realidade em vários níveis de complexidade, para cobrir o extenso espectro de objetivos necessários para estudar a

realidade de uma forma mais ampla. Na abordagem transdisciplinar ocorre uma fusão do conhecimento das diversas disciplinas que tende à criação de um campo de saber com autonomia teórica e totalmente novo. As ciências cognitivas e a ecologia são resultados de uma necessidade de intervenção transdisciplinar para estudar determinados problemas da realidade (POMBO, 2006).

Em geral, quando o engenheiro de produção estuda os problemas reais, em vez de se limitar a conteúdos específicos de uma disciplina ele acaba tendo que adotar uma abordagem pluridisciplinar, ou seja, reunir uma equipe de especialistas diversos para solucionar determinado problema. Outras vezes adota uma abordagem interdisciplinar, ou seja, utiliza conhecimentos que ultrapassam a demarcação clássica das disciplinas. Em outras situações, quando o conhecimento do engenheiro de produção não for suficiente e a demanda de conhecimentos for muito particular, ele deverá adotar uma abordagem transdisciplinar, ou seja, conceitos e métodos precisam ser aplicados de forma conjunta e não se enquadram nas fronteiras clássicas das disciplinas do conhecimento.

Os problemas da área de Engenharia de Produção demandam abordagens que transitam entre a pluri, a inter e a transdisciplinaridade. A necessidade dessas abordagens é resultado da diversidade de variáveis que envolvem as áreas do conhecimento relacionadas aos problemas da Engenharia de Produção. Por exemplo, a pesquisa sobre o funcionamento de uma célula de produção necessita “observar” a célula do ponto de vista: do seu arranjo físico, dos fluxos de materiais, dos fluxos de informação, das relações

sociais que se estabelecem entre os envolvidos, do conhecimento e capacidade de aprendizagem dos indivíduos, dos fatores ambientais que incidem na operação da célula, das condições de trabalho, das relações formais e informais, entre outros. É possível abordar apenas um desses aspectos, mas deve-se ter consciência de que essa abordagem será parcial e irá limitar a análise do problema.

A abordagem sistêmica é apontada por vários autores como o caminho metodológico para praticar a integração das disciplinas na solução dos problemas reais (POMBO, 2006; BRUCE et al., 2004; LANDRY; BANVILLE, 2000). É nesse sentido que o presente trabalho apresenta as bases e os principais conceitos da Teoria Geral de Sistemas para em seguida demonstrar sua aplicabilidade na pesquisa interdisciplinar e transdisciplinar.

3. A Teoria Geral de Sistemas

A Teoria Geral de Sistemas foi oficialmente estabelecida por Ludwig Von Bertalanffy, que, em 1920, em Viena, iniciou estudos em biologia e, em 1956, criou a sociedade para o estudo do sistema geral em Standford, Estados Unidos. Le Moigne (1977) e Capra (1996) destacam que a primeira obra sobre sistemas foi escrita por volta de 1913 pelo russo Alexander Aleksandrovich Bogdanov, que foi pouco reconhecido no meio científico, não havendo indícios do conhecimento de sua obra pelo próprio Bertalanffy.

As principais ideias da Teoria Geral de Sistemas foram elaboradas durante os anos 40. Seu desenvolvimento foi fortemente influenciado pelo trabalho de equipes mutidisciplinares de cientistas que trabalharam para resolver problemas complexos relacionados à Segunda Guerra Mundial. Naquele período trágico da história ocorreram avanços notáveis na área da teoria da informação (SHANNON, 1948), da cibernética (WIENER, 1948), da pesquisa operacional e da modelagem matemática.

Em 1950, Bertalanffy imigrou para a América do Norte. Sua ideia principal era substituir os fundamentos reducionistas da ciência pela visão mais ampla da realidade, o que posteriormente foi formalizado na Teoria Geral de Sistemas, cuja visão considera que todos os sistemas são similares, se físico, biológico ou social.

Segundo Bertalanffy (1975), os principais propósitos da Teoria Geral dos Sistemas são:

1. Há uma tendência geral no sentido da integração nas várias ciências, naturais e sociais.
2. Essa integração parece centralizar-se em uma Teoria Geral de Sistemas.

3. Essa teoria pode ser importante meio para alcançar uma teoria exata nos campos não físicos da ciência.
4. Desenvolvendo princípios unificadores que atravessam “verticalmente” o universo das ciências individuais, essa teoria aproxima-se da meta da unidade da ciência.
5. Isso pode conduzir à integração muito necessária na educação científica.

A base da Teoria Geral de Sistemas está na definição de um modelo abstrato de um objeto ou fenômeno que possa ser utilizado como referência no entendimento de um fenômeno real (CARVALHO et al., 2002). Esse modelo abstrato do objeto foi denominado de “sistema”. Bertalanffy (1975) argumenta que há princípios aplicáveis aos sistemas em geral, quer sejam de natureza física, biológica quer de natureza sociológica.

Se definirmos de modo conveniente o conceito de sistema, verificaremos que existem modelos, princípios e leis que se aplicam aos sistemas generalizados qualquer que seja seu tipo particular e os elementos e forças implicadas (BERTALANFFY, 1975).

3.1. Os conceitos fundamentais da Teoria Geral de Sistemas

Atualmente, a utilização da noção de sistemas tem seu emprego generalizado entre as ciências e até mesmo no dia a dia. A noção de sistema está “enraizada” na forma como o ser humano percebe o mundo a sua volta. Sua utilização tornou-se tão intuitiva que não se percebe sua importância no entendimento do mundo que nos cerca. A palavra “sistema” faz parte do vocabulário corrente para explicar conjuntos de objetos relacionados. A teoria da Gestalt mostra que é através da percepção da totalidade que o cérebro humano pode perceber e assimilar uma imagem ou um conceito (ENGELMANN, 2002; KOHLER, 1968). O humano observa o mundo como conjunto de objetos que fazem sentido. A percepção pode ser considerada uma abstração do fenômeno ou objeto que mantenham determinadas relações entre componentes. Isso, na essência é a própria definição de sistema, ou seja, um conjunto de elementos inter-relacionados que o observador atribui um ou mais objetivos.

Para Morin (1981), um sistema só pode ser entendido como

... uma totalidade organizada, feita de elementos solidários que só podem definir-se uns em relação aos outros em função do lugar que ocupam nesta totalidade.

Capra (1996) define sistema como um todo integrado cujas propriedades das partes não são propriedades intrínsecas, mas só podem ser entendidas dentro do contexto do todo mais amplo. Essas definições apresentam outra faceta dos sistemas: suas propriedades emergentes que decorrem da interação ou interdependência de seus elementos. A interdependência dos elementos do sistema consiste em que, dada uma mudança ou estímulo em um de seus elementos componentes, todos os outros elementos do sistema serão afetados.

As propriedades emergentes caracterizam-se pela percepção de algo como unidade apesar de ser constituído por uma diversidade de elementos. As emergências são globais, ou seja, o comportamento emergente é percebido como homogêneo para todo o sistema.

O sistema a ser estudado é definido e limitado por suas fronteiras. A demarcação destas fronteiras é arbitrária, e sua definição vai depender do fenômeno a ser analisado, das variáveis que o influenciam e do grau de entendimento e precisão desejados. A fronteira do sistema define as variáveis que pertencem ao sistema e as que pertencem ao seu meio ambiente. É através dela que o sistema interage com seu meio ambiente, trocando material, energia e informação.

A utilização do conceito de fronteira permite definir qualquer objeto ou fenômeno como um sistema. Tal conceito permite ainda contemplar o fenômeno como um todo ou apenas considerar suas partes (subsistemas). Dessa forma, uma organização poderá ser entendida como um sistema ou subsistema ou ainda um macrosistema, dependendo da análise que se queira fazer. As diferenças se concentrarão, portanto, nas necessidades de análise e detalhamento da situação estudada. Assim sendo, é possível expandir o sistema para um raio de ação de perspectiva mais ampla, sendo também possível focar o sistema para uma versão menor (MELESE, 1990).

A representação conceitual clássica do modelo de um sistema genérico a partir de seus conceitos mais significativos é mostrada na Figura 3.

As entradas do sistema são tudo aquilo que vem de fora de suas fronteiras, e as saídas são aquilo que o sistema libera além de suas fronteiras como resultado de seu funcionamento (processo). O processo caracteriza a ação do sistema no sentido de cumprir seus objetivos. O controle está relacionado ao conceito de retroação ou *feedback*. A retroação é o fenômeno que possibilita que as saídas de um sistema influenciem em suas entradas mantendo o controle do sistema no sentido de atingir seus objetivos.

Esses conceitos estão associados aos primórdios do desenvolvimento da Teoria Geral de Sistemas. Nas últimas décadas houve vários desenvolvimentos conceituais nas chamadas ciências da complexidade (que pode ser considerada como uma evolução da Teoria Geral de Sistemas). Assim, surgiram conceitos tais como a auto-organização, a emergência, as inter-relações, o acoplamento, o equilíbrio dinâmico, a coevolução, a recursividade, a *path dependence*, os atratores estranhos, entre outros. Esses novos conceitos tornaram o sistema mais apto no que diz respeito a sua potencialidade de representar a realidade dos fenômenos complexos.

3.2. A abordagem sistêmica

A abordagem sistêmica não é apenas o uso da noção de sistemas para a observação dos fenômenos. Ela pressupõe uma estratégia de ação com o objetivo de gerar o entendimento de um fenômeno. Pode ser considerada como uma abordagem global que leva em conta a totalidade dos elementos envolvidos em uma situação. A abordagem sistêmica pode ser adotada como um método para abordar a complexidade organizada. Ela ajuda a descrever a complexidade organizada e destaca a interdependência dos elementos de um sistema (MASSA, 2002).

Donnadieu (2005) define a abordagem sistêmica como uma nova disciplina que agrupa ações teóricas, práticas e metodológicas, relativa ao estudo daquilo que é reconhecido como muito complexo para ser estudado de maneira reducionista. Ele considera como complexo algo que impõe problemas de fronteiras, de relações internas e externas, de estrutura, de leis ou de propriedades emergentes, ou aquilo que traga problemas de observação, de representação, modelagem ou de simulação de uma totalidade.

A abordagem sistêmica pratica a interdisciplinaridade porque cria uma base conceitual comum que permite que desenvolvimentos em uma área de conhecimento possam ser aplicados em outras áreas. Bertalanffy (1975) argumenta que

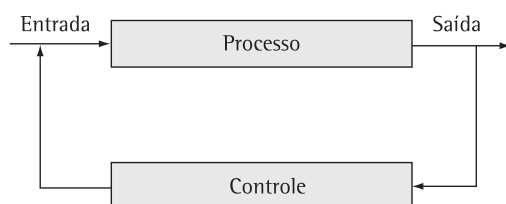


Figura 3. Representação clássica de um sistema.

... uma Teoria Geral de Sistemas seria um instrumento útil capaz de fornecer modelos a serem usados em diferentes campos do conhecimento e transferidos de uns para outros.

Villegas (2001) destaca a necessidade de utilizar um critério de comparação entre os sistemas, baseado no conceito de equivalência entre modelos, que por sua vez é relacionado à estrutura física do objeto ou fenômeno modelado. A concepção da equivalência tem como base as definições matemáticas de isomorfismo. O conceito matemático de isomorfismo (do latim iso = igual, morfos = forma) expressa a ideia de que dois conjuntos têm a mesma estrutura. Do ponto de vista da abordagem sistêmica dois sistemas são isomorfos quando, mesmo sendo de naturezas diferentes, possuem comportamentos semelhantes com relações equivalentes que regem e descrevem seus comportamentos.

4. Sistemografia: o método da abordagem sistêmica

Rosnay (1975) destaca que, para empregar o paradigma sistêmico, são necessárias ferramentas capazes de representar objetos muito grandes, muito pequenos ou muito complexos. Para isso, propõe ferramentas análogas ao microscópio, que amplifica a visão de objetos bastante pequenos, e ao telescópio, que permite a observação de objetos extremamente grandes. Para cada situação, existe uma ferramenta adequada que pode ser utilizada como uma lente, através da qual se modela o objeto visualizado.

Algumas questões podem ser estabelecidas, para entender um determinado objeto: Como conhecê-lo? Como identificá-lo? Como defini-lo? Nesse sentido, Bruter (1974) estabelece que um objeto é um objeto. Trata-se de um postulado que é a própria afirmação de existência. Os matemáticos empregam-no com frequência, denominando-o de asserção: a pronúncia do simples nome de um objeto implica a existência dele, pelo menos no pensamento. A partir do reconhecimento do objeto, a ciência pode evoluir.

O termo “sistemografia” foi instituído por Le Moigne (1990) para designar a capacidade do sistema de agir como um instrumento para modelar objetos. A motivação deveu-se à constatação de que os objetos são reconhecidos quando são designados por palavras. Ele cita, como exemplo, a criação da palavra “constelação”, que permitiu à astronomia primitiva reconhecer combinações estáveis de estrelas e, por isso, progredir rapidamente. Assim, “modelar é conceber, depois desenhar uma imagem à semelhança do objeto” (LE MOIGNE, 1990).

Pode-se dizer que a palavra-chave da sistemografia é a concepção do modelo e sua representação por meio de signos. Por isso, Simon (1969) demonstra preocupação com o desenvolvimento de uma ciência da concepção de modelos e percebe a carência de abordagens que ressaltam a concepção de objetos, e não apenas sua análise. A passagem da análise (reducionismo) à concepção (sistemografia) representa uma mudança nas finalidades do conhecimento. Na análise, é necessário explicar os componentes do objeto para conhecê-lo. Na concepção, é preciso conhecer e compreender o objeto para interpretá-lo e, assim, antecipar seu comportamento (LE MOIGNE, 1990).

Bruter (1976) estabelece algumas questões relacionadas a sistemografia. Ele destaca que a percepção é a palavra-chave para representar um objeto. No entanto, a percepção não deve se limitar às formas, aos elementos morfológicos. Os comportamentos, as atividades, as funções do objeto são indispensáveis à sua representação.

A Figura 4 apresenta uma proposta metodológica com base na sistemografia para implementar a prática da abordagem sistêmica no processo de pesquisa. A proposta é apresentada como uma sequência de etapas, que devem ser consideradas como estratégia, não como algo programado e fixo. Na medida em que as fases são implementadas, elas orientam a ação e podem se adaptar às mudanças do contexto ao mesmo tempo em que a pesquisa progride. A proposta metodológica consiste nas seguintes etapas:

1. Identificar o fenômeno – Nesta etapa o pesquisador deve definir o contexto de pesquisa, identificar o objeto ou fenômeno, os elementos relacionados, o ambiente imediato e geral e as fronteiras.
2. Desenvolver o modelo geral – O pesquisador constrói um modelo geral que agrega todos os conhecimentos acessíveis a ele e que possam ser utilizados para observar o fenômeno identificado.
3. Observar a realidade por isomorfismos com base no modelo geral – O conhecimento agregado no modelo geral passa a ser utilizado para observar o fenômeno real que está sendo estudado.
4. Desenvolver modelos da realidade – A realidade é representada por modelos que permitam torná-la mais inteligível aos olhos do pesquisador e da comunidade em que estão inseridos.
5. Agir sobre a realidade – O pesquisador irá agir sobre a realidade com base no seu modelo, de forma que ela se aproxime dos seus objetivos de pesquisa.

Na primeira etapa o fenômeno é destacado do seu meio pelo estabelecimento de uma fronteira que o limita. Isso não significa que o fenômeno será

observado de forma isolada. O conceito de fronteira permite que o fenômeno focado mantenha as relações com o seu meio. Ele é considerado como um sistema aberto em constante inter-relação com seu meio.

Na segunda etapa o pesquisador constrói o modelo geral que servirá como base da observação. Esse modelo contém o arcabouço teórico-conceitual condizente com o fenômeno a ser observado, com as intenções e com o conhecimento do pesquisador. O modelo geral reúne conceitos e conhecimentos da área afim e de outras áreas do conhecimento, viabilizando uma abordagem interdisciplinar do problema. E serve de instrumento epistemológico para transferir conhecimentos entre as diversas áreas do conhecimento.

Na terceira etapa o fenômeno é observado através da lente “modelo geral”. A partir dessas observações, pode-se, então, criar modelos que representem a realidade. O resultado da observação científica depende essencialmente do observador, que vê a realidade através da “lente” do modelo geral. No mesmo sentido Le Moigne (1990) destaca que a sistemografia emprega a correspondência entre a forma e a função, por isso estabelece os conceitos de isomorfismo e homomorfismo, herdados da matemática. Os construtos teórico-conceituais do modelo geral são utilizados para associar por isomorfismo o fenômeno observado, e por homomorfismo para associar a realidade ao fenômeno percebido como complexo.

- Isomorfismo é a correspondência bijetora, na qual, para cada elemento do conjunto de chegada, corresponde um elemento do conjunto de partida. A correspondência é transitiva, reflexiva e simétrica (BERTALANFFY, 1968; BRUTER, 1973; LE MOIGNE, 1990; MORIN, 1991).
- Homomorfismo é a correspondência sobrejectiva, na qual, para cada elemento do conjunto de chegada, corresponde, pelo menos, um elemento do conjunto de partida, sem que o recíproco seja verdadeiro. A correspondência é transitiva, reflexiva, mas não simétrica (LE MOIGNE, 1990; SIMON, 1969; WU, 1999).

Os dois conceitos apresentados são empregados para estabelecer uma correspondência entre o objeto identificado, o conceito de sistema geral e a modelagem utilizada. O procedimento é mostrado na Figura 5 e consiste em: 1) enquadramento, que é a construção do modelo M por isomorfismo com um sistema geral (SG); 2) desenvolvimento, que é a documentação de M por correspondência homomórfica de M com traços do fenômeno percebido (FR); e 3) interpretação, em que as ações possíveis sobre M são simuladas para antecipar consequências eventuais do fenômeno (LE MOIGNE, 1990).

A Figura 5 apresenta a correspondência entre fenômeno-modelo, que é homomorfa, e o sistema geral-modelo, que é isomorfo. A isomorfia é observada quando as propriedades do modelo estão em perfeita correspondência bijetiva com as propriedades do sistema geral. A homomorfia é mais difícil de perceber; sua validação completa é

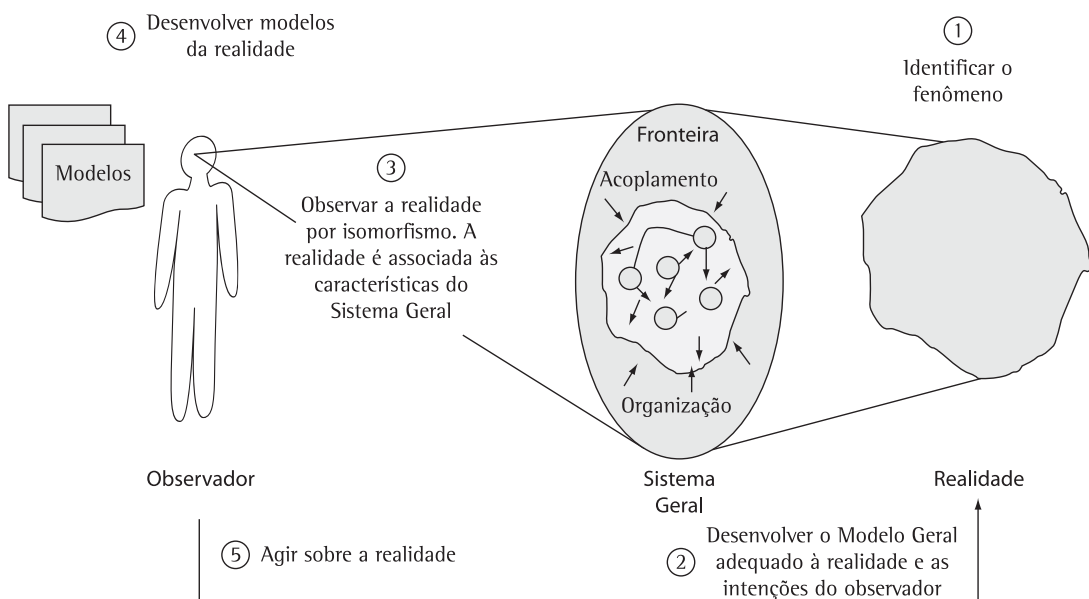


Figura 4. As etapas da abordagem sistêmica baseada na sistemografia.

impossível, devido à racionalidade limitada do ser humano para compreender todo o contexto em que o sistema geral está inserido (SIMON, 1990). Nesse aspecto, Le Moigne (1979) destaca que essa abordagem permite a interferência do observador no objeto modelado, desde que não desconsidere a correspondência isomorfa do sistema geral com o modelo e a correspondência homomorfa do objeto com o modelo.

A quarta etapa é a explicitação da observação na forma de modelos. Essa fase está exposta às limitações fisiológicas e paradigmáticas que determinam a capacidade humana limitada de percepção da realidade dos fenômenos (VIEIRA, 2002; SIMON, 1990), ou seja, é uma utopia aceder à objetividade absoluta do conhecimento sobre um fenômeno. A partir dessa constatação chega-se a um paradoxo: só a realidade pode ser modelo dela mesma. Em decorrência disso é preciso que o pesquisador tenha em mente que a observação de um fenômeno sempre será parcial. É impossível observar a realidade em sua completude. O fato de ter essa consciência influi positivamente na análise dos resultados da observação no sentido de ser mais cuidadoso com as análises efetuadas a partir delas.

Na quinta e última etapa da metodologia proposta o pesquisador deverá intervir ou propor uma estratégia de ação que altere o fenômeno/realidade em acordo com os objetivos propostos pela pesquisa. Os resultados serão cientificamente válidos desde que haja uma coerência entre

o modelo teórico que irá guiar as ações sobre a realidade e os resultados esperados. Como afirma Vieira (2002),

... o que esperamos da ciência é a produção de representações coerentes de uma realidade de modo que possamos efetivamente agir e tomar decisões, com algum sucesso em relação ao mundo.

Para exemplificar a aplicação da proposta metodológica poderia se imaginar a necessidade de observação de uma organização empresarial qualquer. A metodologia proposta permite ao pesquisador definir uma fronteira artificial para focar sua observação nos aspectos que são mais relevantes para a sua pesquisa. Em seguida, ele constrói um modelo geral para observar o fenômeno de interesse. Na construção desse modelo o pesquisador pode se deslocar em uma escala imaginária que vai dos modelos mais simples até os mais gerais e complexos. Bertalanffy era biólogo e desenvolveu o modelo geral de base da Teoria Geral de Sistemas observando animais unicelulares. O modelo básico criado por Bertalanffy (Figura 3) é frequentemente utilizado para representar o funcionamento de uma organização empresarial. É comum nos livros de gestão associar as entradas aos recursos necessários, tal como capital, recursos humanos e informações. As saídas são relacionadas aos produtos e aos resultados. O processo é usado para representar o processo de transformação de matéria-prima em produtos e o controle da gestão

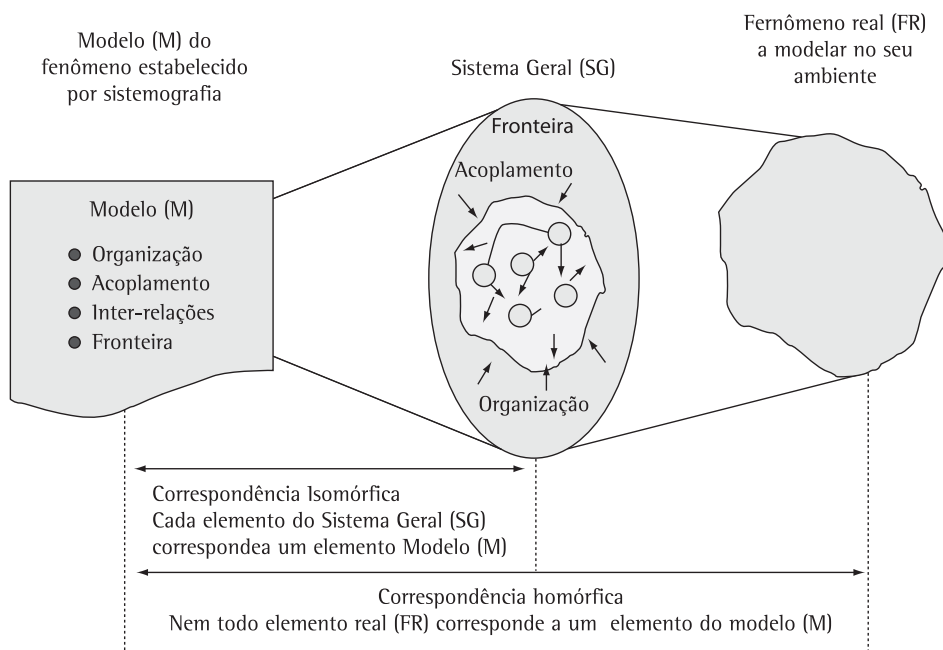


Figura 5. Os morfismos da modelagem usando a sistemografia. Fonte: Adaptado de Le Moigne, 1990.

(SLACK, 2002). Nesse caso, a complexidade de uma organização empresarial foi “reduzida” as principais características de um ser unicelular. Entretanto, uma organização empresarial pode ser observada por meio de um modelo geral baseado em uma visão simplista de seu comportamento ou por um modelo de possua características e propriedades mais próximas de sua realidade como ilustra a Figura 6.

A ação sobre a realidade será mais efetiva e eficaz na medida em que o pesquisador utilize modelos que se aproximem da realidade do fenômeno estudado. Portanto, o pesquisador deve conceber modelos de observação mais próximos do nível de complexidade do fenômeno observado. Seu foco pode se deslocar de um lado para outro numa escala imaginária de níveis de complexidade de sistemas – em cada nível, os fenômenos observados exibem propriedades que não existem em níveis inferiores.

5. A prática da abordagem sistêmica na pesquisa

A abordagem sistêmica pode ser considerada como um quadro de referência para uma pesquisa. Ele é um pano de fundo sobre o qual se constrói a lógica da pesquisa – que não deve ser considerada como um movimento de negação e de contradição às outras abordagens, mas sim como complementar. A abordagem sistêmica incorpora as abordagens clássica e moderna da ciência para ir além (LE MOIGNE, 1990). A Figura 7 apresenta os principais métodos científicos associados às correntes do pensamento filosófico que lhe dão sustentação. A figura não pretende ser completa; ela tem por objetivo apresentar um posicionamento relativo de cada corrente, método científico e estágio da ciência.

A inspiração filosófica da abordagem sistêmica está no construtivismo. Ele defende que o

conhecimento é uma construção coletiva que vai avançando na medida em que são gerados novos conhecimentos para se entender os fenômenos. É possível a partir de conhecimentos parciais avançar na compreensão dos fenômenos (LE MOIGNE, 1994). Além disso, no construtivismo não se tem a pretensão de obter o conhecimento completo dos fenômenos. É perfeitamente admissível que o ser humano nunca terá todas as respostas. Esse pressuposto pode parecer desnecessário, mas é importante na condução de uma pesquisa e na análise de seus resultados. A primeira implicação é o fato de que se não temos “meios” para explicar determinados fenômenos não significa que eles não existam e que não tenham nenhuma influência na realidade. Por exemplo, as relações informais em uma organização são frequentemente desprezadas pelas abordagens clássicas em função das dificuldades em explicitá-las, entretanto, elas têm um peso na dinâmica de funcionamento das organizações.

A Figura 8 apresenta esquematicamente as principais etapas do processo de pesquisa. A prática da abordagem sistêmica na pesquisa se consolida na incorporação da sistemografia no processo de pesquisa. Como mostra a figura, o processo começa com a identificação da existência de um problema. Essa identificação pode resultar da observação de uma situação percebida como não conforme. O problema deverá estar relacionado a um tema de estudo e claramente delimitado. O delineamento da pesquisa está baseado na definição de uma “fronteira” do fenômeno estudado. Essa definição vai influir diretamente na abordagem metodológica que será utilizada para resolvê-lo.

O pesquisador deverá justificar o problema com base no conhecimento existente. É importante contextualizar o problema, pois assume um papel de delimitação e de tornar clara a oportunidade de resolvê-lo.

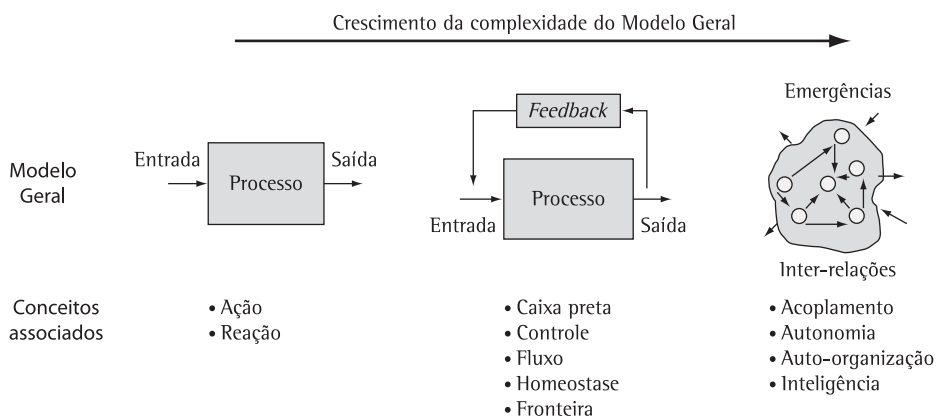


Figura 6. A evolução dos modelos de observação dos fenômenos.

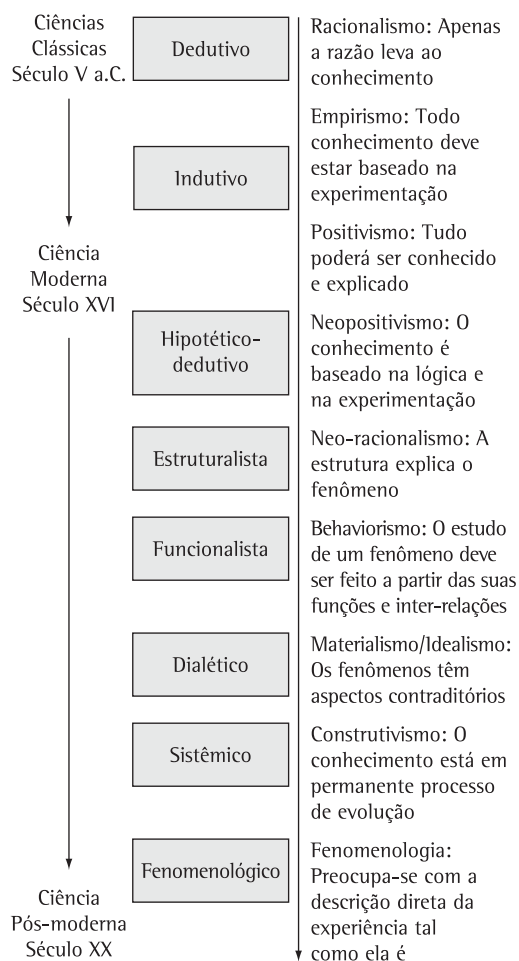


Figura 7. Os métodos científicos e suas bases lógicas.

A abordagem sistêmica contribui para entender o problema de pesquisa a partir da construção de um modelo geral para observação de um fenômeno. Esse modelo serve como um referencial teórico que permite um avanço no entendimento do problema identificado. O conceito de “sistema geral” é utilizado como instrumento da modelagem construída pelo observador. Por isso, Le Moigne (1990) faz uma analogia do sistema geral com uma fotografia ou radiografia, as quais podem criar imagens diferentes de um mesmo objeto, exibindo características que dependem do aparelho utilizado e da interpretação do observador.

Nas abordagens clássicas da ciência, a realidade é considerada como uma realidade objetiva, ou seja, a realidade é dissociada do observador, e única. Nas abordagens científicas mais atuais (SANTOS, 1988; FRANCELIN, 2004) fica claro que a realidade é subjetiva e diversa, ou seja, ela depende não

apenas do objeto a ser observado, mas também do observador. Nesse sentido a realidade que antes era considerada única e determinada apenas pelo próprio objeto observado passa a ser relativa e diversa em função das percepções distintas de cada observador.

Nessa nova abordagem a realidade, que era considerada objetiva, deve agora ser uma realidade “objetivada”, ou seja, o observador deve além de descrever a realidade descrever o processo que lhe permitiu fazer a observação (MATURANA; VARELA, 2001). A objetivação da realidade é o processo de explicitar por meio de um modelo geral quais são os elementos que constituem a “lente” utilizada para a observação da realidade. O modelo geral é em síntese o arcabouço conceitual utilizado pelo pesquisador para observar a realidade do fenômeno. Ele permite explicitar os elementos que estão na base do processo de observação.

Cada pesquisador pode chegar a percepções diversas sobre uma mesma realidade. Entretanto, o fato de objetivar o processo de observação, isto é, torná-lo explícito através de um processo formal e de um modelo geral, permite que outros pesquisadores possam compreender e reproduzir o processo de observação de uma dada realidade. Assim, é possível haver um “controle intersubjetivo” exercido pela comunidade de pesquisadores que permite garantir certo grau de objetividade à tarefa científica (VIEIRA, 2002). Essa abordagem tem um caráter individual (explicitar o processo de observação) e coletivo (partilhar com a comunidade científica as bases do processo de observação). O caráter coletivo permite o aperfeiçoamento do conhecimento resultando em algo como um *umwelt* médio da espécie humana (VIEIRA, 2002). O conceito da *umwelt* foi elaborado por Jakob Von Uexküll para mostrar a influência sobre os sujeitos da sua interação com os objetos presentes em seu ambiente. O *umwelt* pode ser entendido como a capacidade específica que cada espécime possui de percepção e operação dentro de um determinado ambiente (UEXKÜLL, 2004).

Assim, outros pesquisadores poderão, usando a mesma base conceitual utilizada, chegar a resultados e conclusões semelhantes. Certamente, as conclusões não serão exatamente as mesmas, pois cada pesquisador carrega consigo um conjunto de conhecimentos e uma história pessoal que acabam de alguma maneira influenciando a observação, mesmo que a base conceitual utilizada (modelo geral) seja a mesma. Dessa forma, podemos esperar conclusões semelhantes, mas com pontos de vista distintos.

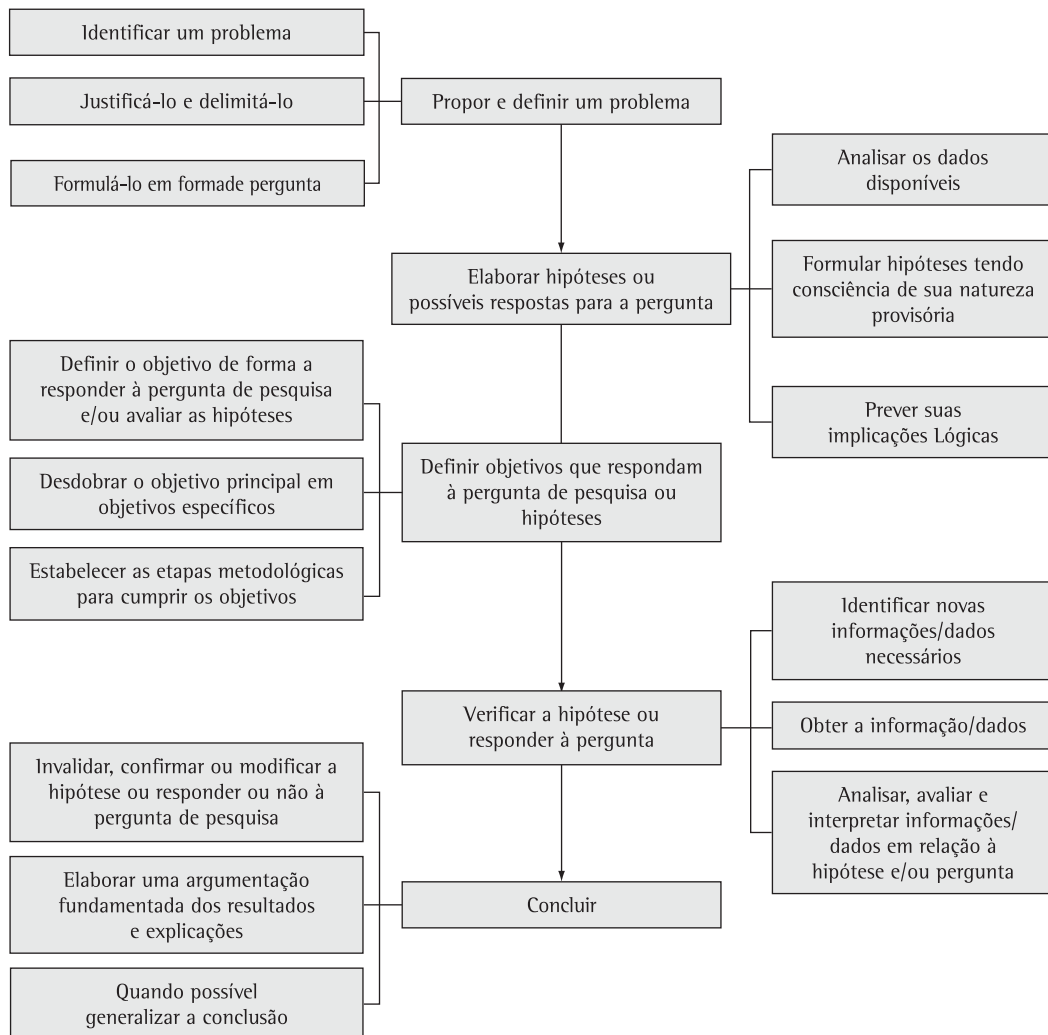


Figura 8. A estrutura do processo de pesquisa. Fonte: Adaptado de Laville et al., 1999.

Após a definição do problema é necessário formular algumas hipóteses de possíveis soluções. Essas hipóteses podem corresponder a “modelos” de solução. Neste momento, é preciso deixar claras as diferenças entre os conceitos de “modelo” e “sistema geral”. O sistema geral tem como objetivo a observação da realidade – ele é resultado de uma concepção teórico-conceitual realizada por um pesquisador. Por outro lado, um “modelo” é uma configuração particular do sistema geral que oferece uma solução possível ao problema associado ao fenômeno observado. Por exemplo, os algoritmos genéticos representam um “modelo de solução” baseado no “sistema geral” da evolução das espécies, utilizado na solução de determinados tipos de problema.

Na formulação de hipóteses a abordagem sistêmica permite especular sobre possíveis soluções

observando as soluções da natureza ou de outras áreas do conhecimento. O sistema geral permanece a um nível abstrato, o que permite a transferência de conhecimento de uma área científica para outra. Essa transferência de conhecimento permite a construção de “modelos de solução” que agregam conhecimentos interdisciplinares. Assim, em uma área em que se avançou conceitualmente em determinados campos pode-se transferir esses avanços para solucionar problemas de outras áreas.

Da confrontação entre a pergunta de pesquisa (problema) e as hipóteses viáveis para a busca de soluções resulta a definição do objetivo geral da pesquisa – que deverá responder à pergunta de pesquisa e, portanto, ao problema de pesquisa. O objetivo geral deve estar associado à hipótese, ou seja, ao possível “modelo de solução” identificado.

Para que o problema de pesquisa seja solucionado é preciso que a hipótese, no caso o modelo de solução, seja validado ou refutado. Em caso de refutação o pesquisador deverá buscar outra possibilidade de solução para ser testada. A validação segue a estratégia da sistemografia. O “modelo de solução” será uma hipótese validada desde que o pesquisador consiga provar que ele representa possibilidades de ação que permitem intervir no fenômeno de modo a conduzi-lo a uma situação desejada. Isto é, o modelo de solução fornece os elementos necessários para que o pesquisador consiga obter certo domínio sobre o comportamento do problema observado. Caso o pesquisador não tenha sucesso com o uso do “modelo de solução” proposto, deve rever o modelo utilizado, o processo de pesquisa e recomeçar seu trabalho.

6. Conclusão

Os problemas que envolvem a Engenharia de Produção transcendem as demarcações clássicas das ciências de base da engenharia. Os fatores humanos, sociais e ecológicos demandam uma abordagem mais ampla dos problemas tratados sob pena de se obter uma solução parcial. As abordagens clássicas baseadas na física e na matemática não dão conta dos fenômenos complexos que envolvem esses fatores. Entretanto, é preciso desenvolver abordagens que permitam o avanço do conhecimento sobre bases científicas.

A abordagem sistêmica é um caminho possível para ampliar os horizontes da pesquisa e praticar a interdisciplinaridade necessária à observação de problemas complexos. Na abordagem sistêmica o conceito de sistema é um instrumento central da modelagem de objetos e fenômenos. A definição de sistema está diretamente relacionada, a interação entre as partes e o todo, e emergiu da percepção de que na natureza a maioria dos fenômenos segue uma dinâmica complexa e não linear. Parte-se da constatação de que os sistemas complexos não devem ser modelados, empregando-se apenas a lógica físico-matemática, pois seus pressupostos são inadequados às características exibidas por eles.

A abordagem sistêmica busca compreender, conceber e modelar os fenômenos o mais próximo possível da realidade, respeitando-lhes as características próprias e o contexto no qual estão inseridos. Ela oferece uma base metodológica, a sistemografia, que permite tornar o processo de pesquisa mais explícito. No lugar de entender a realidade como algo objetivo e totalmente determinado, o pesquisador pode

objetivar o processo de pesquisa deixando claro para a comunidade científica quais os pressupostos que foram utilizados para observar e estudar determinado fenômeno da realidade. Além disso, a abordagem sistêmica permite maior flexibilidade ao pesquisador, fazendo com que ele transite em uma escala de complexidade dos modelos que utiliza para observar a realidade. Assim, ele pode adotar uma visão mais focada e limitada ou uma visão ampla e abrangente do problema a ser tratado.

A engenharia de modo geral já se apropriou do arcabouço conceitual da Teoria Geral de Sistemas, e com base nele pôde evoluir nos últimos 50 anos. Os novos conceitos e o aperfeiçoamento de métodos associados à abordagem sistêmica podem dar apoio ao processo de geração de conhecimento de maneira científica quando os problemas fugirem das possibilidades clássicas de pesquisa.

Referências

- BAZZO, W. A.; COLOMBO, C. R. Educação tecnológica contextualizada: ferramenta essencial para o desenvolvimento social brasileiro. *Revista de Ensino de Engenharia*, v. 20, n. 1, p. 9-16, 2001.
- BERTALANFFY, L. *Teoria geral dos sistemas*. 2 ed. Petrópolis: Vozes, 1975.
- BERTO, R. M. V. S.; NAKANO, D. N. A produção científica nos anais do encontro nacional de engenharia de produção: um levantamento dos métodos e tipos de pesquisa. *Produção*, v. 9, n. 2, p. 65-75, 2000.
- BOULDING, K. E. General systems theory: the skeleton of science. *Management science*, v. 2, n. 3, p. 197-208, 1956.
- BOULDING, K. E. *The world as a total system*. London: SAGE, 1985.
- BRUCE, A. et al. Interdisciplinary integration in Europe: the case of the fifth framework programme. *Futures*, v. 36, p. 457-470, 2004.
- BRUTER, C. P. *Topologie et perception: les bases philosophiques et mathématiques*. Paris: Maloine and Doin, 1976.
- CAPRA, F. *A teia da vida*. São Paulo: Cultrix, 1996.
- CARAYANNIS, E.; COLEMAN, J. Creative system design methodologies: the case of complex technical systems. *Technovation*, v. 25, n. 8, p. 831- 840, 2005.
- CARVALHO, J. A.; RAMOS E.; GONÇALVES, R. *Sistema: modelo conceptual de um objecto*. 2002. Disponível em: <<http://piano.dsi.uminho.pt/~jac/SI/zdocuments/sistemas.pdf>>. Acesso em: Abril.
- DONNADIEU, G. et al. *L'approche systémique: de quoi s'agit-il?*. 2005. Disponível em: <<http://www.afsset.asso.fr/SystemicApproach.pdf>>. Acesso em: Janeiro 2008.
- ENGELMANN, A. A psicologia da gestalt e a ciência empírica contemporânea. *Psicologia: teoria e pesquisa*, v. 18, n. 1, p. 1-16, 2002.
- FRANCELIN, M. M. Configuração epistemológica da ciência da informação no Brasil em uma perspectiva pós-moderna: análise de periódicos da área. *Ciência da Informação*, v. 33, n. 2, p. 49-66, 2004.

- JANTSCH, A. P.; BIANCHETTI, L. *Interdisciplinaridade: para além da filosofia do sujeito*. 3 ed. Petrópolis: Vozes, 1999.
- KÖHLER, W. *Psicologia da gestalt*. Belo Horizonte: Itatiaia, 1968.
- LANDRY, M.; BANVILLE, C. Caractéristiques et balises d'évaluation de la recherche systémique. *Revue Tunisienne des Sciences de Gestion*, v. 2, n. 1, p. 76-112, 2000.
- LAVILLE, C.; DIONNE, J. *A construção do saber: manual de metodologia da pesquisa em ciências humanas*. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 1999.
- LE-MOIGNE, J. L. *La théorie du système général, théorie de la modélisation*. Paris: PUP, 1977.
- _____. *La modélisation des systèmes complexes*. Paris: Dunod, 1990.
- _____. *Le constructivisme - Tome 1: des fondements*. Paris: ESF éditeur, 1994.
- LI, J. et al. Multi-scale methodology for complex systems. *Chemical Engineering Science*, v. 59, n. 8-9, p. 1687-1700, 2004.
- MARTINO, F.; SPOTO, A. Social network analysis: a brief theoretical review and further perspectives in the study of information technology. *Psychology Journal*, v. 4, n. 1, p. 53-86, 2006.
- MASSA, H. Fondements de la pratique de l'approche systémique en travail social: l'approche systémique. *Les Cahiers de l'ACTIF*, n. 308-309, p. 9-28, 2002.
- MATURANA, H. R.; VARELA, F. J. *A árvore do conhecimento: as bases biológicas da compreensão humana*. São Paulo: Palas Athena, 2001.
- MELESE, J. *Approches systémiques des organisations: vers l'entreprise à complexité humaine*. Paris: Les éditions d'organisations, 1990.
- MIGUEL, P. A. C. Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução. *Produção*, v. 17, n. 1, p. 216-229, 2007.
- MORIN, E. *O método: a natureza da natureza*. Portugal: Europa-América, 1981.
- _____. *Educação e complexidade: os sete saberes e outros ensaios*. São Paulo: Cortez, 2002.
- NEVES, C. E. B.; NEVES, F. M. O que há de complexo no mundo complexo?. Niklas Luhmann e a teoria dos sistemas sociais. *Sociologias*, v. 2, n. 15, p. 182-207, 2006.
- NICOLESCU, B. *O manifesto da transdisciplinaridade*. 3 ed. São Paulo: Triom, 2005.
- OLIVEIRA E. R. A. A filosofia da ciência e a sua extensão à engenharia. *Millenium: revista do Instituto Superior Técnico*, n. 24, 2001.
- POMBO, O. Práticas interdisciplinares. *Sociologias*, n. 15, p. 208-249, 2006.
- ROSNEY, J. *Le macroscope: vers une vision globale*. Paris: Du Seuil, 1975.
- RUSSEL, A. W.; WICKSON, F.; CAREW, A. L. Transdisciplinarity: context, contradictions and capacity. *Journal of Futures*, v. 40, n. 5, p. 460-472, 2007.
- SANFORD, C. A theory and practice system of "systems thinking": with an executive's story of the power of "developmental" and "evolutionary" systems thinking. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SYSTEMS THINKING IN MANAGEMENT - ICSTM, 3, 2004. Proceedings...
- SANTOS, B. S. Um discurso sobre as ciências na transição para uma ciência pós-moderna. *Estudos avançados*, v. 2, n. 2, p. 58, 1988.
- SANTOS, F. C. A. Potencialidades de mudanças na graduação em engenharia de produção geradas pelas diretrizes curriculares. *Produção*, v. 13, n. 1, p. 26-39, 2003.
- SHANNON, C. E. A mathematical theory of communication. *The Bell System Technical Journal*, v. 27, p. 379-423, 1948.
- SILVA, D. J. O Paradigma transdisciplinar: uma perspectiva metodológica para a pesquisa ambiental. In: PHILIPPI, A. *Interdisciplinaridade em ciências ambientais*. São Paulo: Signus, 2000.
- SIMON, H. *As ciências do artificial*. Coimbra: Sucessor, 1969.
- UEXKÜLL, T. V. A teoria da Umwelt de Jakob Von Uexküll. *Galáxia: revista transdisciplinar de comunicação, semiótica e cultura*, n. 7, p. 19-48, 2004.
- VIDEIRA, A. P. Transdisciplinaridade, interdisciplinaridade e disciplinaridade na história da ciência. *Revista Scientiae Studia*, v. 2, n. 2, p. 279-293, 2004.
- VIEIRA, J. A. Ciência e filosofia: ciência, gnosiologia e ontologia. *Revista Filosofia*, v. 14, n. 14, p. 55-61, 2002.
- VILLEGAS, O. R. T. *Emergent tendencies in multi-agent-based simulations using constraint-based methods to effects practical proofs over finite subsets of simulation outcomes*. Manchester, 2001. Tese (Doutorado em Modelagem Computacional) - Manchester Metropolitan University - MMU.
- WEAVER, W. Science and complexity. *American Scientist*, n. 36, p. 536-544, 1948.
- ZANDI, I. *Science and engineering in the age of systems*. Pennsylvania: University of Pennsylvania, 1986.

The systems approach to the Production Engineering research

Abstract

Production Engineering is beset by problems that may be characterized by their complexity. To solve these problems demands knowledge that goes beyond mathematics and physics, since they occur within the classical areas of engineering. It requires an approach that allows access to knowledge of several disciplines simultaneously, that is, an interdisciplinary approach. To perform the interdisciplinarity and to systemize the research process in Production Engineering, a systemic approach is imparted. This is capable of taking into account the set of variables that characterize the perceived problems as complex. The methodological base chosen to implement the systemic approach is sistemography. This allows the research scope draw closer to the reality of the observed phenomenon. Finally, it will be demonstrated how the systemic approach allows the researcher to work at a higher level of subjectivity without losing the indispensable scientific "objectivity".

Keywords

Research in Production Engineering. General Systems Theory. Systemic approach. Research methodology.