



Abordagem sistêmica como base teórica e metodológica para estudos ambientais, em conjunto com as geotecnologias

Systemic approach as theoretical methodological basis for environmental studies, in conjunction with geotechnologies

Valdeir Demetrio da Silva¹

¹ Doutor em Geografia; Professor da Universidade Federal do Oeste da Bahia (UFOP);
e-mail: valdeir.silva@ufob.edu.br; ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-8802-8571>

Resumo

O presente artigo discute a temática da abordagem sistêmica como base teórica e metodológica para estudos ambientais, apresentando como exemplo de possibilidade desta abordagem, estudo de caso de inundação, resultado de uma pesquisa realizada para o município de Itajaí-SC. A pesquisa foi realizada utilizando geotecnologias como o modelo representado pelo software HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center – River Analysis System), modelo este, que permite simular inundações, representar manchas de inundação e com isso prever áreas que poderão se inundar, fornecendo informações que possam ser utilizadas por gestores para tomada de decisão na ocorrência de um evento. Com isso, o objetivo geral deste artigo é discutir teoricamente sobre a abordagem sistêmica como metodologia de estudo em processos de inundações, visto que a abordagem sistêmica é uma metodologia que permite elencar elementos, mensurar atributos e analisar as inter-relações existentes entre os elementos de forma holística.

Palavras-chave: sistemas ambientais, metodologia sistêmica, geotecnologias.

Abstract

This chapter discusses the theme of the systemic approach as a theoretical methodological basis for environmental studies, presenting as an example of the possibility of this approach, a flood case study, the result of research carried out for the municipality of Itajaí-SC. The research was carried out using geotechnologies such as the model represented by the software HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center – River Analysis System), a model that allows you to simulate floods, represent flood spots and thereby predict areas that could be flooded, providing information that can be used by managers to make decisions in the event of an event. Therefore, the general objective of this chapter is to discuss theoretically about the systemic approach as a methodology for studying flood processes, since the systemic approach is a methodology that allows you to list elements, measure attributes and analyze the interrelationships that exist between the elements of holistic way.

Keywords: environment systems, systemic methodology, geotechnologies.

1 Introdução

O modelo como se organiza a sociedade em seus processos de uso e ocupação, apropriação de recursos naturais e desenvolvimento de suas atividades, revela a existência de inter-relações¹ entre sociedade e ambiente que o cerca (natural, social e cultural). Isto porque ela interage com estes ambientes num processo de ação e reação, o que dificulta a análise de forma isolada. Então, há a necessidade de uma abordagem que considere esta interação de forma conjunta.

Segundo Bertalanffy (1973), a palavra sistema está pulverizada nas mais diversas áreas do conhecimento, assim como em outras que não se relacionam diretamente com o conhecimento científico. Inclusive, segundo ele, vem despontando como novas áreas científicas, ou até mesmo profissões: projeto de sistemas, análise de sistemas, engenharia de sistemas, entre outros, demonstrando assim a relevância do conceito, como também a abordagem sistêmica como base teórica e metodológica.

Estudar os sistemas como uma entidade e não como um aglomerado de partes está em consonância com a ciência contemporânea e principalmente com os avanços tecnológicos, uma vez que não isola mais os fenômenos em contextos estreitamente confinados. Um exemplo deste processo é a utilização de modelos, uma vez que estes facilitam e permitem aproximar resultados, que anteriormente seriam mais difíceis devido à complexidade que existe na natureza, como por exemplo, previsão do tempo, inundações, entre outros.

Desta forma, discorrer sobre a abordagem sistêmica como base teórica e metodológica em estudos ambientais, complementado por um estudo de caso sobre inundações em Santa Catarina, utilizando esta metodologia no desenvolvimento de um sistema de alerta à inundação, subsidia tomadas de decisão, mitigação de impactos causados por estes eventos, como também avanço acadêmico-científico.

2 Bases teóricas e metodológicas pré-científicas à abordagem sistêmica

Desde o período pré-científico, pensadores como Aristóteles, Platão e Sócrates buscavam formas de entender e representar o funcionamento do mundo, e em função disso, desenvolviam teorias que pretendiam explicar fenômenos da natureza, como também o comportamento humano. Por sua vez, na Idade Média, século V ao XV, pensadores como Santo Agostinho, Santo Ambrósio e Santo Tomás de Aquino apresentavam ideias de que o mundo estava sob leis dogmáticas e metafísicas. Pautavam seus conhecimentos principalmente na visão orgânica da natureza e na ordem divina de criação (Vicente e Perez Filho, 2003).

¹ Inter-relação: Relação mútua; 2. Relação entre uma coisa e outra; 3 Relação mútua (Ferreira, 2006).

Isto bem caracterizado na citação de Capra (1982, p. 49):

[...] as pessoas viviam em comunidades pequenas e coesas, e vivenciavam a natureza em termos de relações orgânicas, caracterizadas pela interdependência dos fenômenos espirituais e materiais e pela subordinação das necessidades individuais às da comunidade [...].

No Iluminismo, por volta do século XVIII, caracterizado como o período de sistematização e organização do conhecimento científico, mediante conceitos da Física e da Matemática, desdobrando-se até à Filosofia, desenvolveram leis e teorias que valorizavam a razão; o questionamento; a crença nas leis naturais; defesa da liberdade política e ideológica. Isso tudo era representado por protagonistas como:

- Galileu Galilei - que em meados do século XVI estabelece matematicamente a lei de Queda dos Corpos em seu manuscrito *De Motu*;
- Francis Bacon - que estabelece as bases teóricas para o método empírico indutivo, (com formulações de que ao observar empiricamente variáveis particulares de determinado fenômeno, poder-se-ia induzir a resultados para todo o fenômeno, pautado principalmente na observação e experimentação);
- René Descartes – que estabelece o método racional dedutivo (onde todo e qualquer fenômeno é passível de ser compreendido ao ser decomposto e analisado conforme seus elementos constituintes), chamada abordagem analítica;
- Isaac Newton - que colaborou com as pressuposições físico-matemáticas necessárias para que se pensasse o funcionamento do Universo como uma máquina, ou seja, como um todo regido por padrões lineares de ações e reações.

Estas abordagens metodológicas, assim como seus representantes, pautavam-se na necessidade de “dividir para conhecer”, ou seja, buscavam-se conhecer e explicar fatos e fenômenos por meio de suas partes componentes. Assim estabeleceu-se um paradigma mecânico para as ciências, que ficou conhecido como abordagem Cartesiana ou Mecanicista (Christofolletti, 1999).

Bertalanffy (1973, p. 52) assinala que o objetivo do paradigma da física clássica (mecanicista) era “resolver os fenômenos naturais em um jogo de unidades elementares governadas pelas leis da natureza”. Entretanto, o paradigma mecanicista ou cartesiano, que busca isolar partes para compreender o todo, mostra-se insuficiente para atender problemas teóricos, especialmente nas ciências bio-sociais, assim como, problemas práticos, propostos pelos avanços tecnológicos, como por exemplo, o desenvolvimento do microscópio que permite observar o comportamento de elementos numa escala de detalhes antes não vistos, moléculas e seus constituintes, dinâmicos e em constante expansão. Isto faz com que a função observador/observado ganhe novas conotações e a própria realidade comece a ser revista, enquanto expressão de pequenas e relativas verdades dinâmicas, aleatórias e casuais (Vicente e Perez Filho, 2003).

Para reforçar esta discussão ao final do século XIX, características econômicas, sociais e culturais como por exemplo, a segunda revolução industrial e os efeitos advindos deste processo, como o êxodo rural, urbanização, e mercado consumidor, apresentaram uma nova ordem mundial, com

questões e indagações que colocaram em cheque o paradigma mecanicista, na tentativa de analisar e explicitar esta nova realidade.

Vicente e Perez Filho (2003, p. 328), complementam esta ideia com um exemplo de como o paradigma mecanicista é refutado quando busca explicar questões que envolvam a sociedade. [...] Conhecer um indivíduo por meio de suas partes componentes (membros superiores e inferiores) e suas necessidades, não significa praticamente nada, quando o mesmo é inserido num todo social [...].

Diante destas discussões e indagações na busca por paradigmas que atendessem aos anseios científicos, a abordagem sistêmica desponta como alternativa e complemento ao pensamento cartesiano. Diz-se que é alternativa e complemento porque esta nova abordagem não veio com o intuito de destituir tudo o que existia a respeito dos métodos de investigação científica e seus resultados, mas para agrupá-los e deles buscar uma compreensão maior da realidade, por meio de uma visão integrada e holística.

2.1 Primórdios da Abordagem Sistêmica não Sistematizada

Segundo Bertalanffy (1973), o termo sistema propriamente dito, poderia não estar realçado, ou mesmo sistematizado, porém sua concepção é percebida intrinsecamente nos trabalhos de diversos pesquisadores, com destaque para:

- Alexander von Humboldt, em sua obra *Kosmos* (1808), que utiliza o conceito de *Landschaft* para discutir a paisagem sob a análise de elementos: geomorfológicos, biogeográficos e climatológicos, em relação às organizações humanas ao longo da história, considerando o meio geográfico em sua totalidade, funcionando mediante as inter-relações vigentes entre seus componentes.

[...] o mundo físico se reflete no mais íntimo do nosso ser, em toda a sua verdade. Tudo quanto dá caráter individual a uma paisagem: o contorno das montanhas que limitam o horizonte num longínquo indeciso, a escuridão dos bosques de pinheiros, a corrente que se escapa de entre as selvas e bate com estrépido nas rochas suspensas, cada uma destas coisas tem existido, em todos os tempos, em misteriosas relações com a vida íntima dos homens [...] (Humboldt, 1808, apud Marques Neto, 2008, p. 74).

- Hegel em sua obra *Fenomenologia do Espírito* (1807), expõe através do pensamento dialético a existência de uma dinâmica complexa envolta num processo contínuo, que só pode ser compreendida através de seu movimento e do embate entre contrários, ou seja, as relações de contradição dos diversos elementos da realidade.

Esta ideia serviu de base para que seu discípulo e contemporâneo Karl Marx, desdobrasse o pensamento hegeliano, com ênfase nos processos formadores do ambiente enquanto frutos de um devir histórico de relação do homem com esse mesmo ambiente, através do modo de produção, chegando ao

conceito de “Materialismo Dialético”. Empreendeu assim, uma perspectiva sistêmica, onde se encontra presente ideias de dinâmica, relações e processos.

No entanto segundo Bertalanffy (1973), foi a obra de Alfred Lotka, *Elements of Physical Biology* (1925), que mais se aproximou do objetivo da Teoria Geral do Sistema, e deve-se a ele algumas formulações básicas do conceito geral do sistema. Embora sendo um pesquisador estatístico, seus interesses repousavam muito mais nos problemas das populações do que nos problemas biológicos do organismo individual. Lotka (1925) entendia o organismo individual como a soma de suas células. Ele advogava uma concepção organísmica na Biologia que enfatizasse a consideração do organismo como totalidade ou sistema.

2.2 Concepções Sistêmicas Contemporâneas

A aplicação da Teoria dos Sistemas debutou nos Estados Unidos nas primeiras décadas do século XX, em consonância com o avanço da Cibernética. No entanto, sua utilização nas ciências naturais é fruto do trabalho pioneiro preconizada por Ludwig Von Bertalanffy e R. Defay por volta dos anos de 1930, onde aplicou à Biologia e à Termodinâmica. Estes autores são considerados pela literatura corrente os “pais” da teoria dos sistemas, no entanto há autores como Bogdanov e Leduc, pioneiros nesta abordagem, porém nem sempre lembrados (Negoita, 1992).

A Teoria Geral dos Sistemas (TGS) foi apresentada em caráter inaugural no seminário filosófico em Chicago no ano de 1937 pelo biólogo Ludwig von Bertalanffy. No entanto, somente na década de 1950 que Bertalanffy propõem de fato a Teoria Geral dos Sistemas (*General System Theory*) e este “novo” modo de pensar à Ciência é empregado por vários pesquisadores, principalmente na Física, Química e Biologia. O autor sedimenta a concepção sistêmica salientando que deve-se buscar uma linguagem científica única, capaz de englobar todos os campos do conhecimento, como segue:

[...] É necessário estudar não somente partes e processos isoladamente, mas também resolver os decisivos problemas encontrados na organização e na ordem que os unifica, resultante da interação dinâmica das partes, tornando o comportamento das partes diferentes quando estudado isoladamente e quando tratado no todo [...] (Bertalanffy, 1973, p. 53).

Alicerçado na formulação supracitada, Ludwig Von Bertalanffy demonstra sensibilidade em relação ao esgotamento e às limitações do modelo metodológico mecanicista da ciência clássica, entendendo que há necessidade de estudo integrado dos fenômenos em detrimento de uma óptica separativa e reducionista.

A esse respeito, o autor apresenta a seguinte justificativa: A interpretação integrada da natureza exige visões mais abrangentes que escapam da óptica reducionista, o todo deve ser considerado como

sendo algo mais que a simples soma das partes, e a fragmentação implica num obscurecimento das relações de interdependência entre as partes desse todo (Marques Neto, 2008).

2.3 Conceito, Caracterização e Classificação na Abordagem Sistêmica

A abordagem sistêmica, para a ciência como um todo, preconiza que os fatos ou fenômenos de interesse devem ser compreendidos por meio da inter-relação entre seus elementos. Essa teoria objetiva acabar com a particularização dos estudos científicos e propor uma abordagem holística. Além disso, outro ponto fundamental dessa teoria é a de que os sistemas funcionam mediante um equilíbrio dinâmico, e havendo alteração neste equilíbrio, o sistema busca através de processos e funcionamento (*feedback*) retomar o equilíbrio (Christofolletti, 1999).

Segundo a principal obra sobre este assunto, Teoria Geral dos Sistemas, Bertalanffy (1973, p. 84) afirma que: “Um sistema pode ser definido como um complexo de elementos em interação”. Hall e Fagen (1956 apud Christofolletti, 1979, p. 10), considera um sistema como sendo: “Um conjunto de elementos e das relações entre eles e seus atributos”. Thorness e Brunnsden (1977 apud Christofolletti, 1979 p.10), consideraram como sendo: “Um conjunto de objetos ou atributos de suas relações, que se encontram organizados para executar uma função particular”.

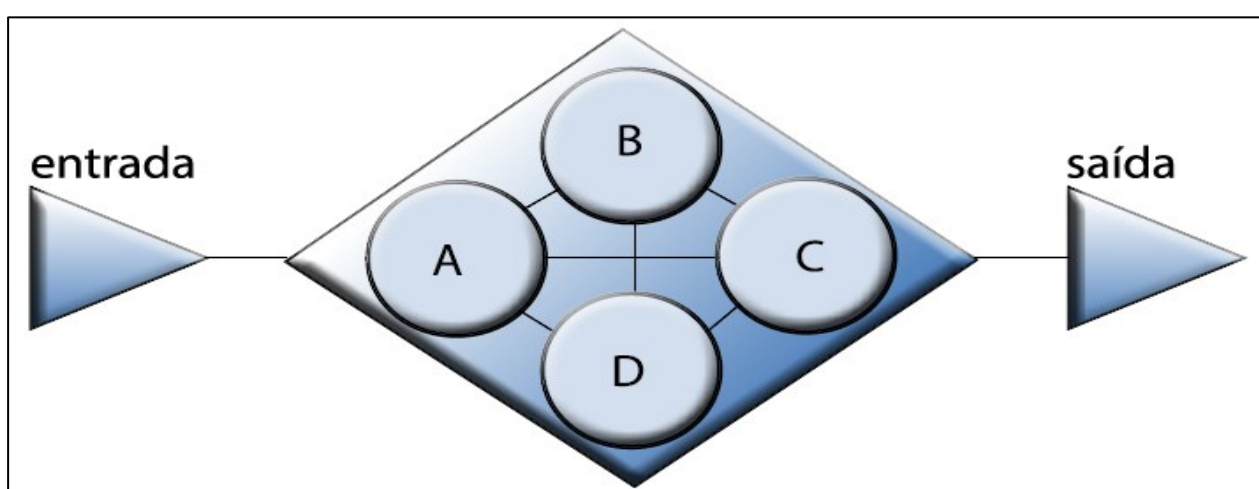
Analisando as definições é possível constatar que sistema está diretamente relacionado com termos como: elementos, atributos, relações, entre outros, e segundo Christofolletti (1999), são os termos que representam as principais características dos sistemas, como seguem:

- Elementos ou Unidades: representam os componentes pertencentes ao sistema, ou partes de um todo ou de um conjunto, (Ex. vertente, rede hidrográfica, vegetação são elementos pertencentes ao sistema de uma bacia hidrográfica);
- Relações: característica referente às inter-relações entre os elementos, que são interdependentes um do outro, mediante ligações que representam fluxo (ex.: o volume e o tempo em que a água atinge uma rede de drenagem tem uma relação direta e interdependente com a forma geométrica da vertente, assim como de outros elementos como da vegetação ou precipitação).
- Atributos: característica qualitativa e/ou quantitativa que identifica um elemento no sistema, podendo selecionar alguns atributos para caracterizá-lo melhor (ex.: comprimento, volume, áreas entre outros);
- Entrada (*input*): é constituído por aquilo que o sistema recebe, matéria ou energia. (ex.: entrada de água em um sistema hidráulico);

- Saída (*output*): processo de saída de matéria ou energia do sistema podendo ou não ser transformado no interior do sistema (ex.: nível médio de um canal de drenagem após escoamento superficial);

A tendência em utilizar a abordagem sistêmica como base teórica e metodológica em trabalhos científicos é devido ao fato de não isolar os fenômenos ou objetos de estudos em partes, ou em contextos estreitamente confinados, mas sim, examiná-los mediante as interações, investigando setores da natureza cada vez maiores e de forma holística. A Figura 1 exemplifica o processo geral da abordagem sistêmica.

Figura 1 – Estrutura geral de um sistema, seus constituintes e inter-relações



Fonte: Christofolletti (1979).

Analisando a Figura 1, é possível compreender a estrutura geral de um sistema, representado pelos componentes entrada (*input*) de matéria e energia, os elementos (A, B, C e D) que através das ligações compreendem as inter-relações formando uma unidade; e a saída (*output*) de matéria e energia.

No entanto, outra variável que não deve ser negligenciada no estudo sistêmico é sua magnitude ou escala de abrangência, que por sua vez, relaciona-se diretamente com a escala espacial da pesquisa. Segundo Chistofolletti (1979), uma das dificuldades é exatamente delimitar o tamanho da escala sistêmica. No entanto, um facilitador deste processo é buscar identificar os elementos e suas relações, para assim delimitar a escala tanto sistêmica como de trabalho.

Na tentativa de esclarecer esta discussão entre escala sistêmica e escala de trabalho, toma-se como exemplo:

Em uma pesquisa sobre planejamento ambiental, abordando espacialmente uma bacia hidrográfica, tem-se como elementos: canais fluviais, formas de vertentes, vegetação, tipos de solo entre outros. Porém, na medida que se aumenta a escala de trabalho (maior detalhe) um dos canais da bacia

selecionada poderá ser considerado um sistema em si, e desta forma outros elementos serão identificados como: suas margens, vazão, vertente entre outros.

Sendo assim, para selecionar a escala analítica, deve-se ter em vista que cada sistema pode ser um subsistema (ou elemento) do outro, e ao analisar o fenômeno em outro nível de abordagem, tem-se novas interpenetrações e aninhamento hierárquico (Christofolletti, 1971).

Segundo Christofolletti (1999), os sistemas podem ser classificados principalmente quanto à forma de organização ou funcionalidade e tipologia. Segundo Foster (1995 apud Christofolletti, 1999), o critério funcional apresenta as seguintes classes:

- Sistema Isolado: são aqueles que não realizam trocas com o ambiente no qual se encontram instalados e, dadas as condições iniciais, não sofrem mais nenhuma perda nem recebem energia ou matéria do ambiente que os circundam. Chorley (1962) assinala que a concepção daivisiana do ciclo de erosão ilustra perfeitamente essa perspectiva. O ciclo começa com um máximo de energia livre, devido ao soerguimento e, com o decorrer do tempo os processos vão atuando e rebaixando o conjunto até que alcance o estágio final. Uma das características do sistema isolado é o tratamento evolutivo e histórico, pois pode-se prever o começo e a sucessão das etapas até o seu final.
- Sistemas Não Isolados: mantêm relações com os demais sistemas do universo e com os que o circundam, e são subdivididos em:
 - Fechados: são aqueles onde há apenas permuta de energia (recebimento e perda), mas não de matéria. O planeta Terra pode ser considerado um sistema não isolado fechado, pois recebe e também perde energia solar. Porém, não recebe nem perde matéria de outros planetas ou astros, a não ser em proporção insignificante, quase nula com relação aos meteoritos.
 - Abertos: aqueles nos quais ocorrem constantes trocas de energia e matéria com o meio circundante, perdendo e/ou recebendo. Estes são os mais comuns, podendo ser exemplificado através de uma bacia hidrográfica, vertentes, ser humano, indústria entre outros.

No entanto Chorley e Dennedy (1971 apud Christofolletti, 1999), considerando critérios relacionados à composição interativa entre os sistemas propõem uma classificação estrutural e distingue diversos sistemas de forma tipológica:

- Sistema em Sequência ou Encadeante: São compostos por subsistemas sequenciais onde a saída (*output*) de matéria e energia de um subsistema torna-se entrada (*input*) para o subsistema adjacente, ocorrendo assim um encadeamento entre o sistema e o subsistema. (Ex. no sistema

vegetal a água necessária para seu desenvolvimento, poderá advir da precipitação de forma direta (sobre as plantas) ou indireta, extraída do solo, e neste caso o (*output*) da água do sistema solo é o (*input*) do sistema vegetal). Neste tipo de sistema a relevância de análise está na caracterização dos fluxos de matéria e energia, como também nas transformações ocorridas em cada subsistema, onde a focalização principal é verificar as relações entre a entrada e a saída (Christofolletti, 1999).

- Sistema de Processo Resposta: semelhante ao sistema em sequência, no entanto sua maior ênfase está na resposta que este apresentará, ou seja, o objetivo principal é identificar processos e as formas que deles resultam. (Ex. em uma bacia de drenagem, diminuindo-se a capacidade de infiltração em determinada área por conta da ocupação urbana, aumentará o escoamento superficial, e conseqüentemente maior (*input*) ao canal, isto poderá propiciar alterações nas formas e nas margens do canal). Sendo assim, as alterações que porventura venham ocorrer nas formas estruturais do canal (identificadas), são respostas resultantes dos processos ocorridos no sistema nesta bacia exemplificada.
- Sistema Controlado: é o sistema que apresenta atuação do homem sobre o sistema processo resposta. Isto porque analisando a estrutura dos sistemas de processo resposta, verifica-se que há variáveis chaves ou válvulas sobre as quais o homem pode intervir para produzir modificações na distribuição de matéria e energia. As modificações podem intervir diretamente na sequência ou na forma que o sistema processo resposta se enquadra.

Valendo-se das bases teóricas apresentadas sobre a classificação e tipologia dos sistemas, pode-se enquadrar a presente pesquisa na classificação de sistema não isolado aberto, e na tipologia processo resposta.

2.4 Abordagem Sistêmica Como Metodologia em Estudos de Caso Para Inundação

A inundação é resultado do extravasamento das águas do leito de um rio em direção à suas margens, e compõem a planície de inundação (Castro, 2003). No entanto, para analisar este fenômeno deve-se identificar os principais elementos, analisar as inter-relações entre eles e mensurar os atributos referentes aos elementos.

Os principais elementos pertencentes ao sistema são: Precipitação; Escoamento Superficial; Vazão do Canal; Morfologia do Relevo; Uso da Terra (como por exemplo, seu índice de urbanização). O sistema em questão pode ser classificado tipologicamente como não isolado e aberto, devido a inter-relação existente entre os elementos e sua dinâmica. Ele se processa da seguinte forma:

O elemento precipitação insere no sistema matéria e energia, na forma de chuva (atributo mensurável), e em determinado volume em relação ao tempo (intensidade pluviométrica). Isto poderá desencadear maior ou menor volume de água na superfície, que através do escoamento superficial chegará ao canal, sendo também este um elemento do sistema, que dependente de atributos como largura, profundidade e rugosidade, determinará a vazão do canal.

Havendo vazão maior que a capacidade de drenagem, pode ocorrer inundações nas áreas de planície, que por sua vez, através do atributo altimetria, das planícies de inundação é possível identificar as áreas de maior potencial à inundação.

Caso esta planície seja urbanizada, poderá desencadear outro problema, os desastres naturais, com impactos negativos sobre a sociedade que ali reside.

Após a estabilização de entrada de matéria e energia no sistema, os elementos tendem a se estabilizarem em um equilíbrio dinâmico, até que um novo evento possa desencadear um novo ciclo de atuação no sistema.

Por meio deste exemplo, onde são identificados os elementos, as inter-relações que ocorrem entre eles e as possíveis respostas, tem-se exatamente caracterizado o que vem a ser abordagem sistêmica sobre determinado fenômeno (neste caso inundação).

A abordagem sistêmica para a temática de processo de inundação em áreas urbanas, como o exemplo acima dissertado pode ser representado em um modelo conceitual da seguinte forma: Figura 2.

Figura 2 – Modelo conceitual da abordagem sistêmica em processo de inundação.



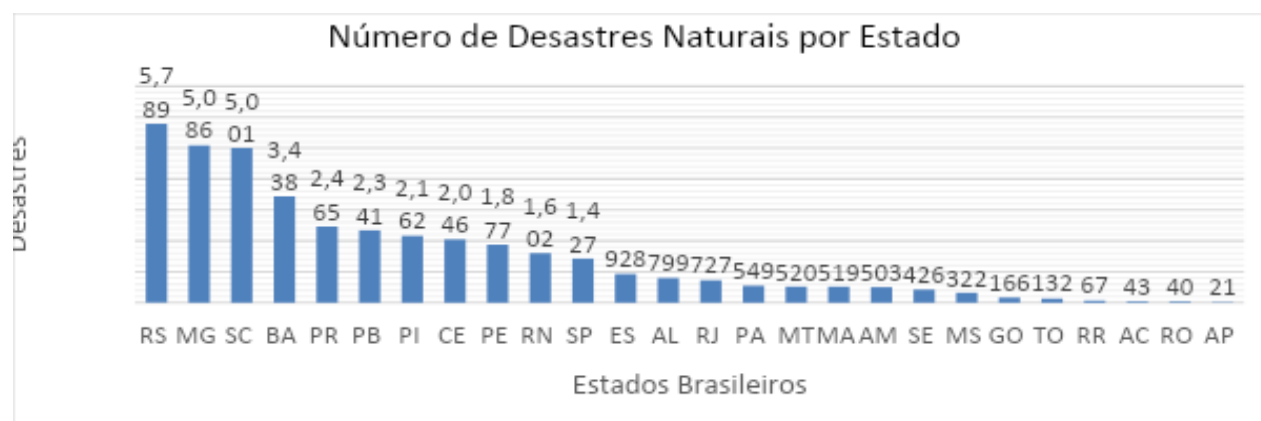
Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

A Figura 2, apresenta um modelo sistêmico para o processo de inundação, onde estão presentes os principais elementos conectados entre si, representando as inter-relações que podem ocorrer entre eles, assim como a saída, na forma de respostas ou resultados deste conjunto unitário.

3 Estudo de caso: inundação em Itajaí-SC, sob a ótica sistêmica

O município de Itajaí, localizado no litoral norte do estado de Santa Catarina, é uma região com elevado percentual de desastres naturais, com destaque principalmente para as inundações. Com o objetivo de detalhar melhor estas ocorrências, o Gráfico 1, apresenta o número de desastres naturais por estado no período de 1991 a 2012. Verifica-se que o Rio Grande do Sul, Minas Gerais e Santa Catarina são os que mais se destacam.

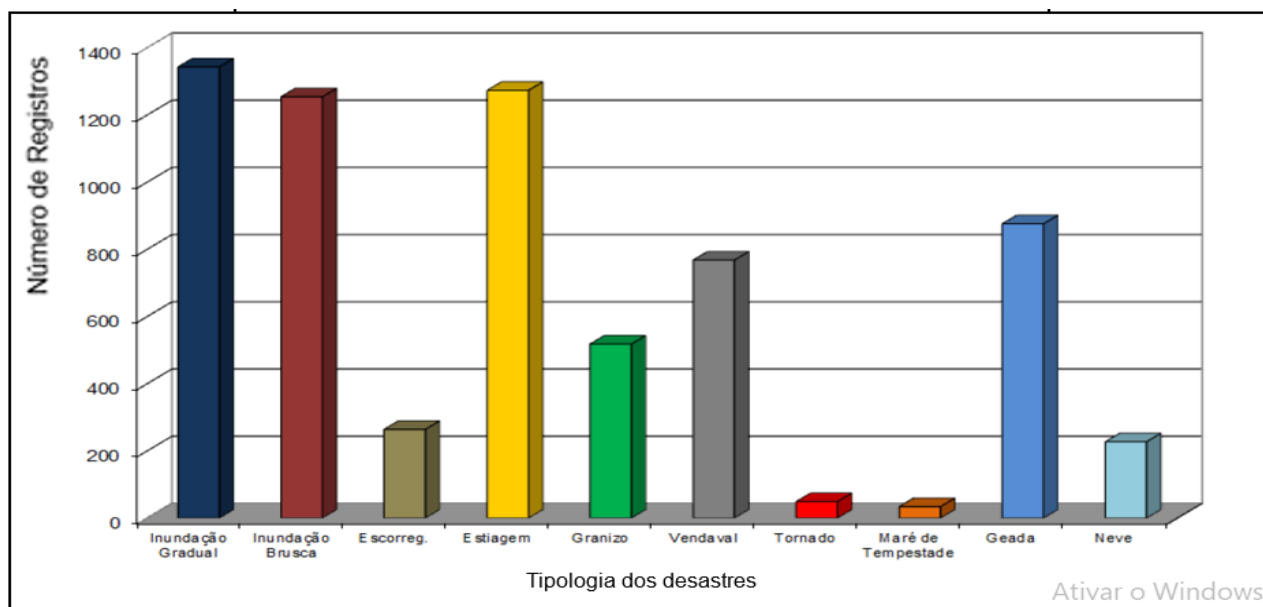
Gráfico 1 - Número de desastres naturais por estado para o período de 1991-2012.



Fonte: CEPED, 2013.

Com base ainda no o Gráfico 1, é possível perceber que Santa Catarina apresenta 5.001 registros de desastres ocorridos no período de 1991 a 2012, ficando atrás apenas dos estados do Rio Grande do Sul com 5.789 e Minas Gerais com 5.086 registros. Destes registros, segundo Herrmann (2014), as inundações representam o maior percentual, conforme o Gráfico 2.

Gráfico 2 – Principais tipos e ocorrências de desastres naturais em Santa Catarina (1991-2012)



Fonte: Herrmann, 2014.

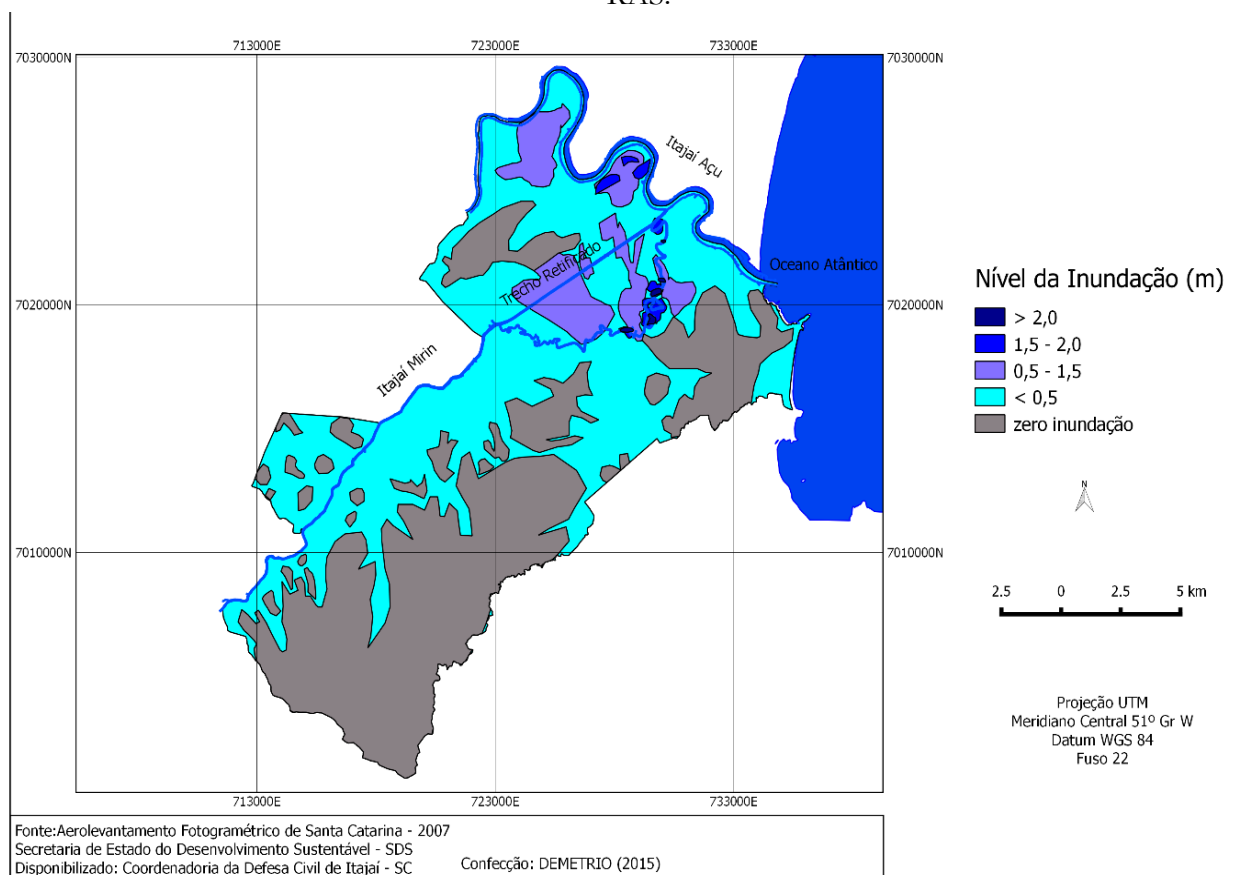
Segundo Tucci (2002), na medida em que o processo de ocupação e expansão da malha urbana ocupa as áreas da planície de inundação os problemas se agravavam, uma vez que estes dependem fundamentalmente da forma e do grau de ocupação das áreas ribeirinhas, bem como da frequência de episódios de cheias.

Diante desta problemática ambiental, desenvolveu-se um trabalho com o objetivo de implementar um sistema de alerta à inundação para o município de Itajaí-SC, por meio da abordagem sistêmica e uso da Geotecnologia (Silva, 2017). Os elementos considerados para análise e geração dos resultados no âmbito da abordagem sistêmica foram: Precipitação, Altimetria, Vazão e Uso do Solo.

Para tanto, utilizou-se um modelo hidrológico denominado HEC-RAS (*Hydrologic Engineering Center – River Analysis System*), que simula condições hidrológicas a partir da seleção de um trecho de interesse, seções transversais, perfil longitudinal e cotas do nível do rio. Os resultados apresentados pelo modelo são principalmente manchas de inundações, que foram utilizadas para alerta da população residente.

A Figura 3, representa a mancha de inundação, para o município de Itajaí-SC, simulado pelo modelo HEC-RAS.

Figura 3 – Mapa da mancha de inundação no município de Itajaí – SC simulado pelo modelo HEC-RAS.



Fonte: Silva, 2017.

Com base na Figura 3, é possível identificar que o nível de maior inundação, acima de 2,0m, correspondeu à 0,32km² de área representando 0,11% do total municipal. Os locais com inundação entre 1,50m e 2,0m foram de 1,23km², correspondendo a 0,43% da área do município. A classe de inundação de 0,50m a 1,50m inundou 19,57km² do município, o que representou 6,79% do total municipal. Já a classe de menor nível, que corresponde até 0,50m, inundou 152,89km² do município, correspondendo a 53,04% do total municipal. O município, com isso, apresentou uma área total inundada de 174,03 km², correspondente à 60,37% do total municipal.

Isto demonstra que a modelagem de processos de inundação e mapeamento das áreas de perigo é uma metodologia eficaz na predição desses eventos, minimizando catástrofes e isso só é possível através de pesquisas como esta. Pois as enchentes e inundações não devem ser mais associadas apenas a um processo de modelagem do relevo ou um problema unicamente ambiental, e sim um grave problema socioeconômico que exige a implementação de políticas públicas objetivas, que atuem no sentido de definir as áreas de risco impróprias para a ocupação, prevenindo desta forma que fenômenos naturais se transformem em catástrofes.

Também representa que os estudos científicos devem utilizar a abordagem sistêmica como metodologia, baseada na análise das inter-relações entre elementos e os atributos, com uma visão holística sobre um determinado fenômeno de interesse.

4 Considerações finais

Este estudo de caso representa a possibilidade de integrar abordagem sistêmica como metodologia, de modo que por meio dos elementos vinculados ao processo de inundação, suas inter-relações em conjunto com as geotecnologias permitem espacializar as áreas de perigo à inundação e com isso mitigar os problemas ambientais recorrentes naquela região. Afirmando que um sistema de alerta permite identificar e alertar sobre as áreas que poderão ser inundadas em função da análise de elementos que se inter-relacionam, permitindo a tomada de decisão por parte dos gestores com maior confiabilidade nos dados. Finaliza a isto o fato de poder ser realizado como base na abordagem sistêmica, selecionando elementos, atributos e analisando suas inter-relações de forma holística.

5 Referências

BERTALANFFY, L. V. Teoria Geral dos Sistemas. Tradução Francisco M. Guimarães. Petrópolis: Petrópolis Editora, 1973.

CAPRA, F. O ponto de mutação: a ciência, a sociedade e a cultura emergente. São Paulo: Edgard Blücher/Cultrix, 1982.

CASTRO, A. L. C. Manual de desastres. Brasília: Ministério Da Integração Nacional. Vol. 1. CEPED – Centro Universitário de Estudos e Pesquisas Sobre Desastres. (2013). Atlas Brasileiro de Desastres Naturais: 1991 a 2012, 2ª ed. Florianópolis, 2003.

CHORLEY, R. J. Geography and general systems theory. U. S. Geological Survey, Professional Paper 500B, 1962. (Tradução em Notícia Geomorfológica, 11 (21): 3-22, 1962.

CHRISTOFOLETTI, A. A Teoria dos Sistemas. Boletim de Geografia Teorética, v. 1, n. 2, p. 43–60, 1971.

CHRISTOFOLETTI, A. Análise de Sistemas em Geografia: introdução. São Paulo: Hucitec, 1979.

CHRISTOFOLETTI, A. Modelagem de sistemas ambientais. São Paulo: Ed. Edgard Blücher, 1999.

FERREIRA, A. B. H. Novo dicionário da língua portuguesa. CD-ROM, 2006.

HERMAN, M. L. P. Atlas de Desastres Naturais do estado de Santa Catarina período de 1980 a 2010. (org.). 2ª ed. Atual. e ver. Florianópolis: IHGSC/Cadernos Geográficos, 2014.

MARQUES NETO, R. A abordagem sistêmica e os estudos geomorfológicos: algumas interpretações e possibilidades de aplicação. *Geografia*, Universidade Estadual de Londrina, Departamento de Geociências, v. 17, n. 2, jul./dez, 2008.

NEGOITA, C. V. *Cybernetics and Applied Systems*. New York: Hunter College City University of New York, 1992.

SILVA, V. D. Sistema de alerta à inundação, utilizando modelo HEC-RAS e técnicas de Geoprocessamento para o município de Itajaí – SC. Tese de Doutorado. Maringá – PR, Programa de Pós-Graduação em Geografia – UEM, 2017.

TUCCI, C. E. M. *Hidrologia: Ciência e Aplicação* (org.) Porto Alegre: Ed. UFRGS, ABRH, 2002.

VICENTE, L. E.; PEREZ FILHO, A. Abordagem Sistêmica e Geografia. *Geografia*. Rio Claro, v. 28, n. 3, p. 323–344, 2003.