

# AS INCERTEZAS CIENTÍFICAS E A GEOGRAFIA

Rodrigo Dutra Gomes\*, Antonio Carlos Vitte\*\*

\* Universidade Federal de Pernambuco

\*\* Universidade Estadual de Campinas

## Resumo

As incertezas científicas referem-se a aspectos fundamentais que compõem o projeto de Sociedade e Ciência Moderna. Em ambas houve forte vínculo com os princípios da racionalidade, universalidade e ordenação. As incertezas, aleatoriedades, singularidades foram tratadas como aparentes e devendo ser universalizadas. A Geografia moderna faz parte deste projeto e buscou universalizar as diferenciações e multiplicidades espaciais. Avanços científicos desde o século XIX e no XX destacaram as incertezas no funcionamento e conhecimento da Natureza. Pretende-se apresentar esse movimento de afirmação das incertezas tendo a Geografia como exemplo e como catalisadora de algumas repercussões. No fenômeno geográfico as incertezas apresentam tanto caráter ontológico (observado no fenômeno em si), quanto epistemológico (como se conhece), sugerindo tanto a incorporação de novos entendimentos e técnicas, quanto uma dialógica entre conhecimentos.

*Palavras-chave:* Geografia; universalidade; aleatoriedade; singularidade espacial.

## Abstract

The scientific uncertainties refer to fundamental aspects that make up the project of the Modern Society and Modern Science. In both there was a strong bond with the principles of rationality, universality and ordering. Uncertainty, randomness, singularities were treated as apparent and should be universalized. Modern Geography is part of this project and sought to universalize the differentiations and spatial multiplicities. Scientific advances since the nineteenth and twentieth centuries emphasized the uncertainties in functioning and knowledge of the Nature. Intended to present this statement of the uncertainty from a history movement; with geography as example and as catalyst for some repercussions. In geographical phenomenon the uncertainties are seen in the phenomenon itself (ontological) and in the form to know (epistemological).

*Key words:* Geography; universality; randomness; spatial singularity.

**A** discussão sobre as incertezas científicas diz respeito a questionamentos de aspectos fundamentais do projeto de Sociedade e Ciência Moderna. Ambas estabeleceram forte vínculo com os princípios da racionalidade, universalidade e ordenação – expresso nos sentidos das regras morais, de leis jurídicas, de leis científicas, de equilíbrio, de ordem e de progressos. As certezas e verdades passaram a ser algo a ser descoberto, tratados como inerentes ao funcionamento e conhecimento do mundo. A Ciência descobriria essas certezas e verdades do mundo pelo procedimento racional e pela descoberta de leis naturais. Tudo o que era considerado singular, aleatório e desordenado nos fenômenos – e neste sentido, tudo o que remetia às incertezas – foi visto como aparente e deveria ser universalizado. Na Sociedade, o Estado, a Constituição e a Moral tanto expressam a influência universalista com base nas leis humanas, quanto podem ser vistos, como lembra Nietzsche (2000), como fundamentando essa necessidade de busca e afir-

mação do universal. Na Ciência, que é o foco deste artigo, as leis científicas expressam as premissões universalistas e voltadas à veracidade do mundo.

Sob a influência de diversos contextos e abordagens, a Geografia moderna foi a ciência que buscou universalizar as particularidades, as diferenciações espaciais. Assim, em suas diversas versões modernas, seja clássica, teórica, quantitativa, crítica, humanística etc., a busca pelos universais (causais, históricos, políticos, econômicos, sociais etc.) de dinamização e configuração espacial sempre foi uma das principais metas da disciplina. Neste mesmo movimento, a Geografia sempre se influenciou pelos desenvolvimentos contextuais, incluindo o reconhecimento das incertezas científicas.

Foi justamente a partir da Ciência que o acaso, o aleatório, as incertezas foram reconhecidas como inerentes aos fenômenos da natureza (físicos e humanos); influentes, de uma forma ou de outra, na totalidade dos processos e nas formas de conhecê-los. Entendimentos advindos de campos como a Eletrodinâmica no século XIX, Teoria da Relatividade, Mecânica Quântica, Teorias dos Sistemas na primeira metade do século XX, e mais recente no final do século XX, os Sistemas Dinâmicos Não-lineares, Física do Não-equilíbrio, Sistemas Dinâmicos Complexos, Ciência e Teoria da Complexidade são alguns que oferecem o arcabouço de sustentação. É possível observar esse movimento histórico-epistemológico e condições atuais de afirmação e incorporação das incertezas científicas utilizando-se da Geografia como disciplina exemplo.

Nesta direção, este artigo busca desenvolver esse movimento de subjugação, destaque e afirmação das incertezas na Ciência por uma leitura da Geografia; e destacar algumas das repercussões já observadas. Num primeiro momento a discussão se dará via desenvolvimento histórico-epistemológico, para depois se concentrar nas repercussões das incertezas para a Geografia. Inicialmente pretende-se destacar pela evolução da disciplina o esforço moderno de se universalizar as incertezas – expressas pelas aleatoriedades, particularidades e multiplicidades espaciais. Depois será dado realce específico à evolução histórica das incertezas científicas – energética, física, dinâmica, complexa – e algumas repercussões específicas na Geografia. Na última parte, ao contextualizar as incertezas no âmbito da Teoria e Ciência da Complexidade, surgem questões ontológicas como as singularidades irreduzíveis de manifestação, e epistemológicas, como a pertinência do diálogo entre os conhecimentos. Por fim, serão realizados alguns questionamentos sobre os caminhos para a Geografia.

### *O moderno (a Geografia) contra as incertezas*

O projeto de conhecimento moderno pautou-se na busca de universais, objetivando entendimentos que representassem a universalidade, como são as regras, leis gerais, que são válidas e aplicáveis a tudo e todos a qualquer tempo e espaço. As influências como as neoplatônicas e herméticas no Renascimento (XIV-XVII) defenderam a existência de “forças ocultas” que movimentavam e governavam a dinâmica da matéria e natureza; e que depois de Newton foram chamadas de Leis da Natureza – como, por exemplo, a Lei da gravitação universal, a Lei da Conservação da Energia, as 3 Leis de Mendel etc. A matéria foi considerada como passiva, compondo uma Natureza considerada como máquina. Ambas precisariam dessa força, vista como de índole absoluta-

mente racional, ordenada e equilibrada, para ‘funcionarem’ e se movimentarem – tudo o que parecia aleatório ou desordenado seriam apenas aparente, imprecisões da subjetividade em captar o funcionamento fundamental da natureza. Assim, como lembra Chauí (1996, p.20), as pretensões de constituir um conhecimento universal fizeram com que a razão ocidental procurasse dar sentido, ou mesmo, dominar tudo o que era acaso, contingente, particular e incerto na dinâmica do mundo.

Essas forças ocultas descritas como leis seriam ‘descobertas’ e não criadas – por exemplo, as Américas foram ‘descobertas’ no XVI, e Newton ‘descobriu’ a Lei da Gravidade no XVII, revelando, em ambos os casos, uma verdade que estava oculta aos sentidos. O caráter subterrâneo do ordenamento e racionalidade de uma universalidade soberana também pode ser visto em termos de influência mitológica. Sob o filtro da moral judaico-cristã essas forças ocultas representariam o gerenciamento de Deus, que nesse período, assim como o Homem, deixava de se confundir com a Natureza e distanciava-se da matéria – expresso na filosofia na dualidade cartesiana (neoplatônica) do sujeito (espírito-racional) e objeto (res-extensa-mecânica). Ou seja, apesar da secularização da explicação da natureza se intensificar no período, a influência mitológica permaneceu presente – ainda que sob outros termos.

No contexto geográfico, a “Descoberta das Américas” tanto impulsionou o desenvolvimento de instrumentos geográficos mais úteis (mapas, instrumentos de navegação, catalogação de novas rotas etc.), quanto se tornou um problema para a racionalidade do período, que necessariamente teria que universalizar a multiplicidade espacial encontrada nos moldes da ciência e filosofia emergentes. O Novo Mundo tornou a manifestação espacial incerta devido à possível multiplicidade geográfica – revelando inclusive o esplendor da Criação. A noção de superfície da terra é uma das que catalisam esse sentido de multiplicidade espacial do período, e busca, de forma secular, universalizá-la em uma noção.

Mas antes mesmo do encontro dos novos continentes a experiência geográfica já havia sido determinante para a emergência do Renascimento. Com a abertura do mar Mediterrâneo pelas cruzadas cristãs no século XIV a dinamicidade espaço-temporal do período se intensificou. Houve o aumento da quantidade e da velocidade das rotas marítimas e terrestres de comércio, que levou não somente às especiarias, mas a pessoas, técnicas e conhecimentos, e que provocou uma ebulição econômica e cultural na Europa, primeiro nos portos de Florença, onde estava Leonardo da Vinci (colhendo as técnicas de pinturas e perspectivismo geométrico às suas pinturas) e Galileu Galilei (onde obtém a luneta que depois aperfeiçoará), e depois na Holanda onde estará Bernhard Varenius (1622-1650).

Varenius já buscava, por sua própria formação em Leiden, na Holanda, com influências mecanicistas cartesianas construir um conhecimento geográfico nos moldes universalistas, racional, matemático, objetivo e secular, livre das leituras mitológicas. A sua Geografia Geral é considerada uma das grandes obras que inauguram a modernidade justamente por buscar descrever e classificar as diferenciações espaciais nos moldes universalistas modernos e, neste sentido, fundamental para o processo de construção conceitual e empírica da superfície da terra.

Varenius foi geógrafo prático da Cia das Índias Orientais na Holanda, participando, assim, da efervescência provocada pelo comércio e troca de informações sobre as áreas, trazidas, na maioria dos casos, pelos comerciantes, navegantes e marinheiros. Varenius dividiu o estudo da

Geografia em dois grandes tópicos: Geral e Particular. O realce da necessidade de uma abordagem particular, corológica, é uma reafirmação em Varenius de uma irredutibilidade das singularidades espaciais que em nível local se torna inescapável. Em termos de incertezas, pode-se dizer que apesar de catalogar, classificar ou, em termos gerais, universalizar as manifestações, nos estudos geográficos a aleatoriedade presente, e que dá o caráter singular das áreas, é reconhecido desde sempre (por ex. em Heródoto). Ou seja, há sempre uma incerteza não universalizável nos estudos geográficos, que, por sua vez, dá o caráter de diferenciação, singularidade das áreas; e que requer sempre uma atualização empírica dos estudos, por exemplo, pela descrição das áreas.

Neste movimento, as concepções em torno da estrutura do Espaço e do Tempo tornaram-se um dos aspectos fundamentais de consolidação desse projeto de racionalidade. Na leitura hegemônica da tradição científica, a versão newton-kantiana (XVII-XVIII) foi a mais aceita e a que referenciou o projeto Iluminista de Ciência e Sociedade – na ciência até o seu questionamento em Einstein. Nos termos físicos de Newton o espaço é material. É concebido como um recipiente vazio, uniforme, homogêneo, inalterável e imóvel, existindo independente dos corpos e fenômenos que nele habitam; e o Tempo universal escoia também de maneira uniforme, inalterável e independente dos acontecimentos dos corpos mundanos, com os relógios sendo apenas aproximações do verdadeiro fluir simétrico do tempo absoluto. Em Kant o caráter material da perspectiva newtoniana de Espaço e Tempo ganha leituras idealistas e se tornam intuições do sujeito. São considerados anteriores às percepções empíricas, postados 'a priori' como a própria condição para que a experiência do sujeito se dê, e a partir da experiência o conhecimento da natureza.

Essa versão de espaço e tempo foram as estruturas hegemônicas físicas e filosóficas que apoiaram a construção de uma universalidade que abarcasse toda a multiplicidade, diferenciação e acaso na Natureza. Em termos de manifestação geográfica foi essa estrutura que buscou afastar a insegurança das incertezas trazidas pelos naturalistas e navegantes do período, quando, patrocinado pela primeira Revolução Industrial (e necessidade de obtenção de recursos naturais e humanos) toda a diversidade natural e cultural observada nas colônias chegava a Europa, causando um choque de consciência sobre os limites daquela racionalidade em captar em termos universalistas a totalidade da natureza.

Frente a este desafio, a hegemonia de uma abordagem ontológica e epistemológica mecanicista-racionalista no Iluminismo, não ficou isenta de críticas. E dentre as críticas que desencadearam e embasaram o Movimento Romântico Alemão, a problemática empírica foi uma das principais questionadoras da possibilidade de um mundo e conhecimento funcionando naqueles termos. A certeza e a norma científicas aplicadas aos conhecimentos sob base analítica, lógica e matemática não conseguiram ser aplicadas de tal forma no fenômeno geográfico. Neste período do final do XVIII a Europa passou por rápidas e importantes mudanças, como as Revoluções Industriais (já citadas) e Revolução Política na França, aumento das cidades e demografia, avanços nas ciências químicas, biológicas, ciências da terra etc. A ampliação das relações capitalistas necessitou do 'redescobrimto' (SANTOS, 1999) do espaço, com os países colonizadores investindo fortemente nas expedições de caracterização dos territórios anexados, como foram as viagens de Humboldt na América do Sul, muito bem expressos nas obras dos Quadros da Natureza.

Ao invés da concepção absoluta e inalterável do espaço e tempo de Newton, a consciência na Europa foi a de um espaço relativo e em mutação (rupturas históricas), assistindo ao desfilar

de uma riqueza e diferenciação espaciais marcantes da natureza e das culturas. Instalou-se, em diversas áreas, uma crise da matriz espacial e da razão nas quais a sociedade europeia se baseara (DUTRA GOMES, 2010). Novamente as incertezas contidas nas singularidades das manifestações geográficas confrontaram e desafiaram a busca universalista de se ordenar e dar sentido ao acaso na natureza. Foi necessário construir novos procedimentos reflexivos e analíticos para abarcar essa multiplicidade e domar as incertezas e singularidades nas manifestações – esse movimento inicia-se ainda em Kant e é aprofundado pelas reflexões românticas (VITTE, 2006).

A organização filosófica e científica da Geografia moderna, neste contexto do Romantismo e expansão capitalista, surge em termos reflexivos para lidar com essa problemática. A. V. Humboldt representa a 'crise existencial' do homem moderno frente suas bases de conduta e reflexão do XVII e XVIII, tomando para si a problemática filosófica da crise, de abarcar e confluir a multiplicidade e singularidade das manifestações e leis empíricas numa racionalidade universalizante.

Em Humboldt o espaço já se liga a uma concepção relativa e dinâmica. A espacialidade tornou-se a forma de tanto superar a análise fundamentada em categorias universais, quanto e, ao mesmo tempo, de não ignorar a possibilidade de uma generalidade universal abstraída do particular (SILVEIRA, 2008). A noção de Forma trazida de Kant na 3ª Crítica e dialogada com W. Goethe e a noção de Paisagem foram alguns dos instrumentos metodológicos e conceituais usados por Humboldt. Com o patrocínio da Espanha, as expedições para as Américas forneceram grande parte do arcabouço para Humboldt construir sua proposta. Sob influência holística buscava captar pela noção de Forma as "forças organizadoras" presentes nas espacialidades verificadas na Paisagem sendo pesquisadas indutivo-comparativamente para descobrir padrões (formas) de manifestação espacial (MEYER-ABICH, 1962, p.140). Em Karl Ritter essa universalização do particular a partir da espacialidade ganha tons mais antropocêntrico-teológicos e idealistas-filosóficos com a Região se destacando para a tarefa de universalizar a multiplicidade, neste caso destacando o discernimento da particularidade dos lugares. A variação regional se daria de acordo com a especificidade da relação homem/meio. Isso é bem conhecido. Mas deseja-se aqui destacar, que, em sua fundação filosófica e científica o exemplo de 'regras' das 'normas' realçado no fenômeno geográfico foi justamente o ato de se manifestar de forma singular e particular (logo incerta pela especificidade) no empírico; neste sentido, embora nem Humboldt, nem Ritter, e depois nem Ratzel, nem Vidal de La Blache quisessem destacar as incertezas de manifestação como inerente ao fenômeno geográfico (e ir na contramão do contexto), o estudo das regras e padrões geográficos sempre precisou ser atualizado empiricamente, o caráter particular das áreas (forças organizadoras, Região, Estado nacionalista, Região-gênero de vida etc.) sempre carregou um grau de incerteza, para o qual apenas a verificação empírica pela saída de campo poderia amenizar. Não se está querendo dizer que a necessidade de atualização empírica para lidar com o singular não se aplica em outras disciplinas (Sociologia, Biologia, Antropologia, Medicina etc.), mas apenas tomando a Geografia como exemplo.

Quando se chega no contexto de Ratzel e Vidal, há uma contradição nítida, pois ocorre tanto uma afirmação conservadora e otimista, quanto um sentimento de crise generalizada. Por um lado, tem-se o positivismo, a 2ª Revolução Industrial, o urbano, o sentido e a vivência do Progresso, os Nacionalismos, a associação Ciência-Estado, o contexto evolucionista (Biologia, Eugenia, Antropologia, Ciência) que, junto ao ideal de progresso pregava uma ideia de melhora constante pela evolução histórica – na sociedade e natureza. Por outro lado, observou-se também a consci-

ência de crise generalizada trazida por várias situações: guerras civis internas aos países, guerras imperialistas, a concentração de renda e extrema pobreza e exploração dos trabalhadores, neste último caso, sendo um dos motivos da “Primavera dos Povos” em 1848, ano que o jovem Marx publica o Manifesto do Partido Comunista. Também em termos reflexivos é o tempo de destaque da alienação em Marx, do pessimismo em Schopenhauer, do irracionalismo em Kierkegaard, da inconsciência em Freud e da potência cega da vontade em Nietzsche. Assim, apesar de haver um movimento conservador de destaque da ordem e confiança na ciência e ideal de progresso, o sentimento de desconfiança da ordem e moral, bem como o destaque das incertezas e imprevisibilidade dos acontecimentos era constante.

Essa situação não se desvincula da nova vivência geográfica do período. Como lembra Harvey (1989, p.238), esta crise de 1848 foi fruto de um radical reajuste no sentido e vivência do espaço e tempo na vida humana, no que ele chama de primeira rodada da “compressão espaço-temporal”; reajuste provocado pela consolidação da Segunda Revolução Industrial, do urbano e aumento da velocidade das máquinas a vapores (na produção e transporte de mercadorias e pessoas). Soma-se a isso a invenção do telégrafo (1844) que ajudou a intensificar o sentimento de aceleração espaço-temporal. E foi neste contexto, para lidar com as questões espaciais surgidas no período que a Geografia se institucionalizou de maneira formal e acadêmica – por exemplo, com Ratzel na Alemanha e depois com Vidal na França.

No contexto político econômico do início do século XX, a vivência mais nítida de um espaço relativo, e o sentimento de incerteza no imaginário das pessoas, se expressaram pela explosão da Primeira Guerra Mundial, em julho de 1914. Como lembra Harvey (1992) a guerra proveio tanto de questões políticas e econômicas, quanto da intensa aceleração do dinamismo espaço-temporal trazida pela experiência geográfica com o globalismo do início do século (KERN, 1992). Este é o período de repercussão da Mecânica Quântica e Teoria da Relatividade que serão discutidos a seguir; mas a consciência de um espaço relativo e condições de incertezas só se intensificaram no nível de vivência espacial.

A própria Revolução Russa em 1917 reafirmou essa consciência de incerteza. Sob o sentimento de ruptura que se estabeleceu pela 1ª Guerra ela surgiu como uma nova perspectiva possível para a humanidade atingir as pretensões Iluministas de bem-estar e libertação. O socialismo de repente seria esta nova perspectiva, esse novo 'ponto de vista' de vivência do espaço relativo, de novas posições ideológicas e formas de se construir a sociedade. Conforme lembra Hobsbawn (1995, p.62) com o apoio das classes trabalhadoras em expansão nos diversos países, os partidos socialistas, sob a crença da inevitabilidade histórica de sua vitória, conforme a teoria de Marx e o “progresso” iluminista representou essa alternativa para os diversos Estados da Europa. Tornar-se-ia ela uma saída positiva e de estruturação libertária dos traumas da Guerra, uma possibilidade de ruptura voltada ao progresso. Ou seja, por um lado, reafirma os sentidos de otimismo, ordem e história vindos do iluminismo, e por outro, consolida um sentimento de ruptura, de incerteza e relatividade já trazidas pelas Guerras imperialista e Primeira Guerra Mundial.

Neste genérico prosseguimento histórico, é interessante observar que foi justamente no período em que o Círculo de Viena (de 1922 a 1936) vinha reafirmar e atualizar as concepções positivistas, de uma ciência universal, monística, guiada para o progresso, a verdade e a certeza, que houve a ascensão do nazismo e do Terceiro Reich (que depois perseguirá os intelectuais membros do Círculo). Em decorrência, a Segunda Guerra Mundial só veio aprofundar a consciência de

não-controle da história. Na Europa a destruição material foi grande. A produção industrial caiu de maneira generalizada. Os Estados Unidos e a União Soviética saem do conflito como as duas maiores potências econômicas e militares, gerando 44 anos de incertezas posteriores (Guerra Fria). Contudo, os maiores e mais graves choques foram o psicológico e o moral. O conflito gerou mais de 50 milhões de mortes, civis na maioria, diferentemente da Primeira Guerra. As interrogações do homem ocidental ressurgiram em relação à irracionalidade do mundo. A ciência e a técnica a serviço da morte generalizada (pelas técnicas, bombas nucleares, holocausto etc.), além do massacre, tortura e patrocínio da fome de civis, a crença nazista, além também das atrocidades cometidas pelos países colonialistas nas guerras coloniais, todos feitos em nome de “progressos”, “democracias”, “liberdade” e “socialismos”. Tudo isso, alimentou no mundo ocidental a sensação de que a civilização e os valores forjados no Iluminismo tinham, no mínimo, se acabado, e, no máximo, mostrado sua parte mais cruel.

Para a Ciência a Segunda Guerra Mundial trouxe significativas transformações na logística de seu funcionamento em virtude da BIG SCIENCE – com a Geografia sofrendo essa influência. Com as demandas urgentes da guerra, os “modelos”, que dão uma funcionalidade, uma praticidade dirigida para as teorias, começaram a fazer parte dos estudos científicos. Essa funcionalidade propiciada se espalhou para a produção industrial e para os conhecimentos científicos depois de 1950. Não é à toa que após a Segunda Guerra os países industrializados vivem sua “idade de ouro” ocorrida entre 1953 e 1973 (BERSTEIN & MILZA, 2007b, p.201), quando houve a maior expansão capitalista da história; neste primeiro momento sob o regimento do Estado Planificador e acolhendo as novas técnicas produtivas na relação ciência-indústria.

A Geografia viveu estas transformações nas movimentações epistemológicas da Nova Geografia, quando, a partir do artigo de Schaefer (1953), com a crítica sobre os excepcionalismos metodológicos, tomou-se consciência da nova postura metodológica emergente e que aderiu à utilização de modelos e elaboração de um corpo teórico para guiar suas construções. A Geografia se via então estudando os processos espaciais e buscando estabelecer leis como nas ciências sistemáticas, fazendo previsões e servindo para planejamentos. Correspondeu à nova expressão da universalização científica, agora sob formas mais sistemáticas e utilitárias, com forte relação com a Planificação Estatal. As incertezas vinculavam-se não somente à captação objetiva e correta do fenômeno geográfico, mas também à otimização da utilidade dos conhecimentos gerados com fins de intervenção – seja privada ou estatal. Neste sentido pragmático diminuir e ordenar as incertezas e acasos corresponderia a oferecer mecanismos de ação mais efetivos e confiáveis de planejamento e gerenciamento de áreas.

Alguns dos protagonistas da Nova Geografia procuraram refletir algumas das repercussões advindas da Teoria da Relatividade, Teoria Quântica, Incompletudes lógicas e formais, as Teorias Sistêmicas etc. Como será descrito a seguir, isso trouxe a consciência das incertezas já reconhecidas na Ciência, fazendo, por exemplo, muitos autores adotarem a perspectiva do racionalismo crítico, com o método hipotético-dedutivo, em lugar de se utilizarem do Círculo de Viena e o método empírico-indutivo. Na Nova Geografia, estudaram-se as “organizações espaciais” em seu sentido processual, ou seja, não bastava somente localizá-las e delimitá-las, pois elas se tornariam possíveis de serem criadas, planificáveis, com seus processos e suas evoluções descritas em termos estatísticos. Ou seja, como já comentado, a prática era universalista, mas também utilitária.

Apesar de se dar relevância aqui à abordagem científica, convém lembrar que o mesmo sentido de busca pelo universal observado na Ciência também pode ser claramente percebido nas abordagens dialética-marxistas e hermenêutica-fenomenológica; com as primeiras universalizando os fenômenos econômico-políticos e sociais a partir de uma leitura histórico-dialética, e os segundos buscando obter as “essências”, os universais extraídos das subjetividades e vivências. Apesar de muitos autores dessas correntes destacarem nas últimas décadas as ‘geografias das diferenças’ (HARVEY, 1996 MOREIRA, 1999), (tanto na abordagem dialética, quanto nas diferenças nas vontades e anseios espaciais), estas distintas filosofias e epistemologias não deixam, em termos contextuais, de pertencer ao projeto de conhecimento que busca universalizar os fenômenos.

No panorama das últimas décadas do século XX as incertezas foram cada vez mais se destacando (Guerra Fria, movimentos trabalhistas, estudantis, feministas, hippie, Guerra do Vietnã, ditaduras, Crise do Petróleo, Queda do Muro de Berlim, Globalização, Crise Ambiental etc.); e convém lembrar que o século XXI teve logo no primeiro ano, em 11 de Setembro de 2001, um dos maiores atentados terroristas da história (se não o maior); isso num contexto de Aquecimento Climático Global, Crises econômicas e políticas persistentes e recorrentes, migração de refugiados, tensões militares (por exemplo, na Síria, ou entre os EUA e Coreia do Norte). A consciência das incertezas e imprevisibilidades está em realce no plano mundial em suas diversas esferas: econômica, política, ambiental, científica, militar, familiar etc. Na Ciência, num movimento de cerca de 150 anos, as incertezas foram sendo reconhecidas como inerentes aos processos da natureza e à forma de conhecê-la, buscando-se, atualmente, pensá-las e incorporá-las às teorias e modelos; a Geografia sempre participou deste movimento.

### *As incertezas científicas e reflexos na Geografia*

Retomando a partir da metade do século XIX, a hegemonia alcançada pelo sucesso das teorias desenvolvidas pelos cientistas newtonianos nas previsões de marés, existência e movimentos dos planetas, dinâmica dos corpos etc., patrocinado e se espalhando para a criação e funcionalidade das máquinas da Segunda Revolução Industrial, tornaram o cientificismo universalista-positivista uma visão e descrição dominante para sociedade voltada à ‘ordem e progresso’; inclusive como modelo para as ciências sociais. Contudo, a consolidação de teorias como a eletrodinâmica, mecânica estatística e termodinâmica, ainda no Século XIX, e Teoria da Relatividade e Mecânica Quântica, no século XX, trouxeram aspectos descritivos operacionais e epistemológicos que revelaram as contingências, as particularidades, as incertezas no dinamismo e conhecimento do mundo. Apesar de até o início do século XX, essas problemáticas terem sido tratadas como questões menores, acabaram, a partir deste período, por se destacar e atenuar a visão mecanicista e determinística mais rígida. Em prosseguimento, a segunda metade do século XX apresentou a consolidação das incertezas, das contingências, do acaso como em paridade com as regularidades, regras e padrões (universais) na natureza; tais entendimentos vieram de campos como os Sistemas Dinâmicos Não-lineares e Física do Não-equilíbrio, contextualizados na Teoria e Ciência da Complexidade. Na Geografia e Ciência em geral, as perspectivas trazidas são de ajustes e novas proposições ontológicas e epistemológicas, para além dos termos da modernidade. Discorrer-se-á sobre este movimento e algumas repercussões na Geografia.

## Aspectos da incerteza energética

Ainda no século XIX, Maxwell (1831-1879) já observava que nos sistemas eletrofísicos em geral não era difícil de encontrar comportamentos imprevisíveis que sugeriam que leves mudanças em pequena magnitude poderiam evoluir e produzir posteriores efeitos de grande repercussão e magnitude no sistema. De acordo com Maxwell, esse grau de variação e liberdade evolutiva estaria diretamente ligado à complexidade física do sistema considerado, acabando por filosoficamente atribuir um caráter de incerteza intrínseca à estatística, e com isso romper com a visão determinística tradicional mais rígida.

A partir de tais argumentos também houve o destaque das discussões sobre o livre-arbítrio no contexto filosófico, com o homem podendo deter uma liberdade mais elevada, por conta de sua maior complexidade de composição e organização física (por exemplo, cérebro) (MOREIRA, 1995). Essas proposições são posteriores a Kant e aos românticos, estes, no entanto, sofreram influência da noção de magnetismo (polos magnéticos) e energia, que dentre outros John Michell havia realçado em 1750.

A noção de energia e magnetismo repercutiu em Schelling e Goethe no XIX (e através deles em Humboldt), no movimento de transição da concepção mecânica para uma orgânica de Natureza. Noções como a de “campo”, do campo eletromagnético (que depois Maxwell vai desenvolver), incidiram na retomada das abordagens holísticas; em destaque, a ideia de “todos organizados” que Humboldt e Ritter muito bem se aproveitaram para universalizar as diferenciações espaciais em padrões – de relevo, de drenagem, de vegetação, de clima etc. (MEYER-ABICH, 1962, p.140).

A termodinâmica (do grego *therme*—calor e *dynamis*—potência; ciência que estuda a conversão de calor em trabalho), firmada na segunda metade do XIX, não por coincidência, no contexto das máquinas a vapor da 2ª Revolução Industrial, também buscou lidar com as incertezas e desordem. Um dos principais termos cunhados foi o da entropia por R. Clausius (1822-1888), considerada como uma quantidade de energia que mede o grau de evolução de um sistema, sempre indo, unidirecionalmente, de um estado potencial (ordem) para um estado dissipado (desordem), podendo assim, também ser visto como uma medida de desordem e degradação do sistema.

Com a entropia abre-se a possibilidade de se conceber uma unidirecionalidade do tempo, uma Flecha do Tempo já que o processo de produção de entropia é uma via de mão única. Ou seja, uma vez dissipada, a energia não pode mais voltar a realizar nenhum tipo de trabalho – neste sentido, diferente do Tempo Absoluto de Newton cuja “passagem” era uniforme e independente dos corpos, o tempo era simétrico – ou seja, o passado e futuro eram iguais. Com a entropia, passado e futuro não são iguais, o sistema está sempre se transformando e por isso o estado futuro de um sistema não pode ser absolutamente predito do seu estado passado. Devido a essa inerente transformação energética (e material) sua evolução é apenas predita em termos probabilísticos (de possibilidades), havendo sempre uma incerteza descritiva. Os trabalhos de L. Boltzmann, na mecânica estatística foram os primeiros a destacar as probabilidades na termodinâmica.

A partir da termodinâmica houve o desenvolvimento da mecânica estatística, que tratava um gás como um conjunto composto por um grande número de moléculas. Nesta área destacaram-se as contribuições de Ludwig Boltzmann que, num experimento de mistura de gases, por conta das

incertezas em relação às mínimas condições iniciais de cada molécula, atribuía-se uma distribuição de probabilidade para o conjunto, uma ordem dentre as múltiplas possibilidades, para, a partir do cálculo da média, correlacionar grandezas individuais, como temperatura e pressão, com a grandeza do conjunto, acabando por obter um satisfatório nível de predição evolutiva do sistema (ROSA, 1995). Ou seja, universalizar as incertezas sobre as mínimas condições do sistema e sua evolução. Boltzmann observou que o sistema de trocas tinha 99% de chances de evoluir para um estado de dissipação que equilibraria o balanço energético interno a este sistema de trocas (entropia máxima); e nesse sentido demarcando uma direção para a descrição temporal (aspecto negado pela ciência mecanicista). Dessa forma, a probabilidade veio como uma saída a essas incertezas, a essa impossibilidade de conhecimento de todas as variáveis individuais do sistema. Naquela situação, sob a hegemonia determinística, atribuiu-se a observação da evolução entrópica às ignorâncias e limitações do conhecimento humano em relação às condições descritivas do fenômeno, sobre as mínimas causas que culminariam e corroborariam uma evolução exata e a-histórica (sem Flecha do Tempo e não-evolutiva) do fenômeno.

De qualquer forma, a noção de entropia (e seu sentido de Flecha do Tempo) repercutiu em filósofos como Henri Bergson. Ele foi um dos primeiros a pensar as repercussões da entropia em termos de evolução e transformação não-determinística da natureza (detendo incertezas). A noção de entropia repercutiu também em Ratzel e W. M. Davis, principalmente no sentido evolutivo, com o primeiro na influência da evolução “hologéica” da relação homem e ambiente, e o segundo no Ciclo evolutivo da Erosão na Geomorfologia (ABREU, 2003). Para as propostas de Ratzel, convém lembrar que o darwinismo também destacou as incertezas ao colocar um duplo caráter “aleatório”, de “acaso”, na sua Teoria da Evolução; por um lado as mutações e, por outro, as transformações do ambiente; ou seja, tanto as mutações genéticas internas aos organismos são aleatórias, quanto também a alteração do ambiente (que tornarão essas mutações vantajosas ou não) – aspecto, contudo, que não foi problematizado na Ciência no período e não foi tratado diretamente por Ratzel.

## **As incertezas na física**

Ainda no contexto decimônico, a discussão promovida pela mecânica celeste sobre a estabilidade gravitacional do Sistema Solar também ofereceu elementos que destacaram as incertezas na descrição evolutiva dos sistemas. H. Poincaré demonstrou formalmente que a interação gravitacional da teoria newtoniana, envolvendo três corpos (Terra, Sol e a Lua, por exemplo), não detinha uma solução analítica geral. O pesquisador francês demonstrou que, em decorrência das interações que estes três corpos realizavam entre si, a estabilidade do sistema ficaria inevitavelmente comprometida. As pequenas perturbações que um corpo exerceria sobre o outro geravam, a partir de mínimas oscilações, a possibilidade das flutuações se ampliarem de forma a tornar a evolução do sistema errática, logo, incerta e desordenada com o passar do tempo (BERGÉ et al., 1996).

Apesar dos questionamentos, naquela situação, sob hegemonia do paradigma newtoniano, as dificuldades encontradas por Poincaré também foram tratadas como algo apenas aparente e não fundamental. Lembra-se, conforme já apresentado, que o final do século XIX é também o período de outras teorias e acontecimentos que destacaram as incertezas e aleatoriedades na reali-

dade e no conhecimento. Contudo, apesar dos sinais trazidos, o paradigma vigente no período não relevou, mas submeteu as contingências, incertezas e singularidades encontradas à racionalidade universalista que vinha obtendo contextualmente expressivos resultados funcionais. Mas logo no início do século XX as incertezas se destacaram na ciência a partir da própria Física (modelo de ciência racionalista e universalista).

Na primeira metade do século XX a Teoria da Relatividade e a Mecânica Quântica trouxeram elementos experimentais e epistemológicos que colocaram as incertezas em destaque no conhecimento científico. Para a Relatividade pretende-se aqui revelar que, além de firmar uma concepção relativa e quadridimensional do espaço-tempo, também muito se destacou por ser um questionamento humano em relação às suas próprias estruturas de pensamento. Isso porque, no período, mesmo que muitas vivências e concepções já desafiavam a ideia de espaço e tempo absolutos (por exemplo na Antropologia e na Arte) (KERN, 1992), quase nenhum cientista questionava a veracidade, a existência de fato, das concepções newtonianas. Ao contrário, a grande maioria buscava comprová-la pela possível verificação experimental da existência do 'éter' galáctico que 'encheria' e preencheria o espaço receptáculo de Newton.

Em termos epistemológicos o espaço e tempo absolutos eram as principais estruturas e balizas de apoio para a experimentação objetiva e universal da ciência. A estrutura primordial de alicerce, de apoio, do edifício Newtoniano. De forma imprevisível, Einstein veio questionar essa própria estrutura. A partir daí nenhuma teoria da ciência poderia mais se impor como absolutamente objetiva (JAPIASSU, 1981). A criatividade e a possibilidade do espírito humano em questionar as suas próprias estruturas do conhecimento foram destacadas. Reconhece-se que a ciência é uma construção, uma criação humana (BACHELARD, 1977). Não há mais segurança, esse edifício poderia falar menos a respeito do mundo do que da forma como espírito quer que ele seja. A incerteza se estabelece não somente no sentido físico, pela limitação espaço-temporal do conhecimento, que torna a universalização para todo o universo incerta, mas também das novas possibilidades de interpretação, da aceitação, organização e evolução das teorias e paradigmas científicos, ou mesmo outras possíveis formas de se construir o conhecimento.

Na Mecânica Quântica, de forma marcante, as incertezas também se destacaram no plano ontológico e epistemológico. Considerando o caráter fundamentalmente material e atômico de todos os objetos da natureza, inclusive dos aparelhos experimentais, pode-se dizer que na interação entre o aparelho-sujeito e o átomo gerou-se uma interferência que alterava o estado do segundo. Esta situação provocava as chamadas 'relações de incerteza' das condições experimentais de localização objetiva (posição e velocidade) e de caracterização (onda/partícula) da partícula atômica, o elétron. A interpretação de Copenhague declarou que as incertezas encontradas não advinham da subjetividade do pesquisador. Na verdade, elas eram intrínsecas às próprias condições experimentais e, por isso, não podiam ser consideradas como aparentes. Tal entendimento é expresso no famoso Princípio da Incerteza de W. Heisenberg (HEISENBERG, 1981).

Comentam-se também aspectos como o fato da matéria, na escala quântica, ser "pura atividade" e processualidade, e não uma estrutura rígida, afirmando a ideia de natureza enquanto processo. Outro aspecto é a 'quebra' da causalidade física em determinados experimentos e observações, cuja situação acabou argumentando a favor da impossibilidade de experimentalmente definir-se por completo o estado de um sistema a partir do seu estado anterior ou posterior, de

forma que não é possível aprovar ou desaprovar a hipótese de que o universo físico é causalmente conectado, sobre isso resta sempre uma fundamental incerteza (MCKEEHAN, 1935, p.514).

A situação encontrada na escala quântica requereu a elaboração de um 'modelo teórico' para adequar as manifestações observadas às descrições tradicionais (sob referências newtonianas). Ou seja, diferente da ideia de que a ciência partiria diretamente da realidade, mostrou-se que o átomo era diferente do que o modelo representava; com grau de incerteza em relação tanto à sua localização, quanto à sua propriedade (onda ou corpúsculo).

Neste contexto, além dos reconhecimentos físicos experimentais, um dos principais aspectos para se destacar frente aos objetivos aqui propostos foi o reconhecimento do papel da Teoria como mediadora indireta e incerta entre o conhecimento humano e a natureza (VASCONCELLOS, 2002). As teorias tornam-se representações e a razão não necessariamente “comanda” o inquérito dessa representação. Ela própria, a razão, começou a ser considerada como uma invenção, uma teoria criada por nós sobre nós mesmos.

Assim, o início do século XX realçou, agora mais diretamente para as descrições científicas, a pertinência de uma concepção orgânica de natureza, com a Natureza física e o Conhecimento científico tornando-se, nestes termos, mais processuais. Essa movimentação de entendimentos gerou, em consequência, a maior discussão epistemológica do século XX, com respeito à fundamentação, organização e evolução dessas teorias, e que expressou o sentido processual de conhecimento e realidade. Tal discussão epistemológica envolveu figuras com K. Popper, T. Kuhn, I. Lakatos, P. Feyerabend etc. (LAKATOS & MUSGRAVE, 1979, p. 343). O contexto de reflexões realizadas ainda incluiu as incompletudes lógicas e formais com Tarski e Gödel, com a lógica e a matemática, não encontrando fundamentos absolutos finais em si mesmas, ou seja, as principais ferramentas do raciocínio científico também não poderiam mais afirmar de forma definitiva suas ‘certezas’.

Enfim, a primeira metade do século XX foi realmente um período de questionamentos profundos no âmbito do conhecimento lógico-formal da Ciência. As incertezas se aproximaram de tal forma que, somadas aos entendimentos gerados na segunda metade do século, tornaram o seu reconhecimento inevitável.

## **Incertezas na Teoria dos Sistemas Dinâmicos**

As teorias sistêmicas modernas, como a Teoria Geral dos Sistemas de Bertalanffy, Cibernética e Teoria da Informação, emergidas no contexto funcional das Guerras Mundiais, forneceram, numa perspectiva organicista, um mais adequado arcabouço de noções e entendimentos a uma realidade e conhecimento processuais, ligados à construção e manuseio de modelos. Trouxeram em noções como “ruído”, “informação”, “desequilíbrio”, “emergências” e “adaptação” formas descritivas que incluíram as aleatoriedades e incertezas na manifestação dos sistemas físicos – como são os ruídos como inerentes às trocas de informações, ou as emergências (o todo é maior que a soma das partes), que sempre carregam um grau de incerteza com respeito aos componentes, e na relação destes sistemas com o ambiente. Em termos de sociedade as máquinas cibernéticas e entendimentos informacionais foram aproveitados pela funcionalidade industrial pós Segunda

Guerra. Para a Ciência em geral a abordagem sistêmica ofereceu uma descrição funcional dos fenômenos, e seus modelos ofereceram meios mais refinados de intervenção e planejamento para a Sociedade (MORENO, 2002, s/p).

Esse panorama de reflexões refletiu-se num período de movimentações epistemológicas nas diversas ciências. Na Geografia repercutiram principalmente a partir da década de 50 nas discussões em torno da, já comentada, Nova Geografia. A noção de paradigma de Thomas Kuhn se tornou a referência para descrever as mudanças de conduta epistemológica, o método hipotético-dedutivo foi o principal método adotado. Para a Nova Geografia a Teoria da Relatividade trouxe uma concepção de espaço que não se limitava mais somente ao aspecto 'geométrico', incluindo também o 'cinemático', sobre o movimento em condições não determinadas, e o 'dinâmico' sobre o movimento em condições determinadas (OLIVEIRA, 1972, p.12-13). As considerações da Mecânica Quântica vieram como forma de se reinterpretar a noção de determinismo (que tinha sido abandonada desde a crítica à sua versão ambientalista), de forma a considerar as indeterminações e ambiguidades dos elementos humanos como influentes nos processos e descrições (PLATT, 1948; JONES, 1956). As teorias sistêmicas, munidas de ferramentas matemáticas e estatísticas, se espalharam para a ciência em geral, constituindo-se uma abordagem unificadora pelas diversas disciplinas, com a Geografia tomando-as como referencial teórico (HARVEY, 1969; CHRISTOFOLETTI, 1976).

A partir da década de 70 e 80 os refinamentos de campos como os Sistemas Dinâmicos Não-lineares e Física do Não-equilíbrio apresentaram-se como prosseguimentos que confirmaram que o universal é penetrado e conjugado em paridade com o particular, com o acaso, com a incerteza. No campo dos Sistemas Dinâmicos Não-lineares, também conhecido como Ciência do Caos (GLEICK, 1989), observou-se que pequenas, de fato, ínfimas perturbações, ocorridas num sistema dinâmico em suas interações consigo mesmo e o ambiente poderiam em longos períodos, causar grandes perturbações e significativos desvios na trajetória e evolução do sistema. Essas mudanças de direção foram atribuídas às fontes de bifurcação e inconstâncias do sistema, denominado "sensibilidade às condições iniciais". O "efeito borboleta" é um dos entendimentos exemplares mais conhecidos dos sistemas não-lineares, com a batida das asas de uma borboleta no Atlântico podendo causar um furacão no Pacífico. Ou seja, demonstra-se que, além do contingente, do local, do incerto ser inerente ao mundo, dependendo da situação ele pode muito bem influenciar as escalas da totalidade. Disso decorre que, as constantes e infinitas interações espaciais que um sistema dinâmico não-linear realiza com o seu ambiente geram graus de 'liberdade' e relativa imprevisibilidade de evolução e de efeitos nos sistemas ao qual pertence; geradas pelas flutuações nos pontos de bifurcação em sua evolução temporal. A previsão a longo prazo fica, assim, irremediavelmente comprometida, o sistema sempre será diferente do previsto, a incerteza se mostra como interpenetrada na evolução dos sistemas da natureza (física e humana).

### **Aspectos da incerteza científica na Geografia**

Para a Geografia, Dauphiné (1991, p.301) exclama que os estudos dos sistemas dinâmicos não-lineares trazem perspectivas que renovam os conhecimentos acerca dos comportamentos, evolução e expressão dos sistemas espaciais. Durand-Dastès (1991, p.312) também apresenta algu-

mas das perspectivas de enriquecimento para a disciplina em geral: - o reconhecimento de sensibilidade às condições iniciais para a maioria dos processos espaciais, - os múltiplos níveis escalares de estados ordenados perpassados por estados caóticos, - o desencadeamento genético de estados ordenados em escalas superiores a partir das instabilidades, flutuações, bifurcações etc. em escalas inferiores, - além da consensual imprevisibilidade em longo prazo da maioria dos sistemas espaciais.

A incerteza não é só física, mas está presente também nos procedimentos teórico-metodológicos responsáveis pelo discernimento das variáveis. A relação estabelecida entre o empírico e a representação em modelos conceituais e formais exige que novos aspectos sejam inseridos e outros comecem a ser realçados. Um aspecto a se realçar como premissa é o reconhecimento dos limites de seleção das variáveis, ficando sempre elementos e domínios (cultural, comportamental, político etc.) que são influentes, mas não considerados nos modelos. Assim, reconhece-se nos modelos a existência de resíduos incompreensíveis incontornáveis, e neste sentido, há a necessidade de procurar caminhos que busquem combinar modelos comumente tratados unilateralmente de forma a ampliar a abordagem frente às limitações provocadas pelas incertezas. Isso pode ser referenciado nos resíduos qualitativos incompreensíveis em modelos quantitativos e vice-versa, ou em termos de distinções clássicas, os resíduos idiográficos incompreensíveis pelos termos nomotéticos, e vice-versa. Um segundo atributo é a introdução do componente 'aleatório' como incontornável dentro da explicação científica, que pode vincular-se, por exemplo, a considerar variáveis antes negligenciadas, como possíveis provocadoras de erros de medida, imprecisões de cálculo.

Outro interessante aspecto que Durant-Dantès (1991) destaca é que as bifurcações também estão presentes na operacionalização dos modelos. Por exemplo, as variações nas condições iniciais de coleta de dados, por exemplo, das descrições de campo, associados a flutuações de certos parâmetros e variáveis consideradas, podem levar a descrições a bifurcações. Ou seja, um mesmo modelo pode, por exemplo, buscar explicar certas situações de maneira muito diferente da de outro similar, segundo a variação das condições iniciais de coleta e definição das relações em foco e pelas decorrentes diversidades das organizações e reflexão dos parâmetros, que variará de acordo com o pesquisador. Isso permite considerar que os modelos, mesmos aplicados numa mesma área, possam simular uma grande variedade de situações, com as pequenas causas e variações na descrição podendo gerar grandes efeitos no resultado final; os modelos e as modelagens podem, assim, buscar abordar uma variedade maior de possibilidades do real e sua complexidade (DURAND-DASTÈS, 1991, p.313).

Contudo, também é necessário cuidado para que as novas possibilidades não se deixem contaminar por modismos e utilizações acríticas. Por precaução a possíveis displicências, Durand-Dastès (1991) procurou comentar alguns dos possíveis limites heurísticos da noção de caos na Geografia. Declarou, por exemplo, que cuidados deviam ser tomados sobre a utilização do termo, em vista, inicialmente, da ignorância e displicência a respeito da noção, correndo riscos de relações e projeções irrealistas, bem como a deficiente fixação de parâmetros para a sua descrição. Soma-se a isso o fato de as situações caóticas não serem facilmente reconhecidas, e nem comumente observadas (o foco na Ciência sempre foi a ordenação, a regra). Além disso, é necessária precaução sobre os inerentes reducionismos envolvidos, pois, apesar de o homem (*homo sapiens*) ser matéria (por exemplo, sob a estrutura do carbono), possui propriedades emergenciais

que são muito singulares e diferentes em relação aos fenômenos atômicos, moleculares, mecânicos, geológicos, geomorfológicos etc. Neste sentido, é necessário cuidado com as extrapolações de entendimentos físicos ocorridos em certas escalas, para fenômenos em outras escalas e com singularidades próprias; como os estudos geográficos e humanos. Por outro lado, também tem tido grande sucesso a explicação de aspectos da história da humanidade em termos de ciência do caos, como as instabilidades econômicas, transformações políticas, e as dinâmicas do mundo globalizado atual com suas complexidades e imprevisibilidades econômicas e políticas (DOLL-FUS, 1991).

### **As incertezas pela Complexidade: os fenômenos geográficos como singulares**

A convergência dos entendimentos dos Sistemas Dinâmicos Não-lineares com o campo da Física do Não-Equilíbrio demonstrou que os processos que envolviam a presença das incertezas, das bifurcações, instabilidades, etc., seriam eles mesmos fundamentais para a demonstração e corroboração de uma natureza orgânica e criativa, onde os sistemas, a matéria, poderiam se 'organizar' de estados mais simples, como os cristais, para os mais complexos como a vida, o cérebro, as sociedades, as culturas (ATLAN, 1981). Tal entendimento também foi observado pela Cibernética e Teoria da Informação no princípio da 'ordem a partir do ruído' com H. V. Foerster, e também de sua repercussão na biologia com o 'acaso organizador' de Henri Atlan, e que, junto com o princípio da 'ordem a partir das flutuações' de Ilya Prigogine (além da Teoria das Catástrofes, da Crítica da Auto-organizada etc.) compõem o contexto da Desordem Criadora (PESSIS-PASTERNAK, 1993).

Observou-se que as instabilidades e flutuações produtoras de entropia, e ruídos, inerentes à dinâmica e trocas de informação nos sistemas não-lineares, não os levariam apenas à imprevisibilidade e degradação irreversível, mas também representariam uma condição construtiva e de transformação nos sistemas. Tendo como noção norteadora a Auto-organização, ficou constatado que a matéria poderia adquirir propriedades criativas, com emergência de estruturas espaço-temporais e, caso envolvesse um significativo número de componentes individuais estruturados, interagindo e coexistindo entre si, poderiam surgir espontaneamente comportamentos autônomos e coerentes em nível macroscópico, como é o caso, em extrapolação, dos átomos, vida, sociedades, estrelas, cidades etc., chamadas por Prigogine (1996) de estruturas dissipativas.

A dinâmica destes sistemas (estruturas dissipativas) num nível mais complexo não detém somente aspectos físico-mecânicos (causais), mas também transferências de informação-sinais (comportamentais), que possibilita o sistema mudar e se adaptar no ambiente, a partir de suas relações internas e externas. Apesar de conjugados e inter-atuantes, os domínios detém conhecimentos limitados sobre a manifestação um do outro, ou seja, detém sempre uma incerteza que não permite ao sistema 'saber' o estado total dos diversos domínios e escalas a que pertence e participa (de si próprio, conjunto, social). Isso realçou a não-redutibilidade de manifestação (ontológica) e descrição (epistemológica) no estudo de muitos fenômenos físicos e emergentes na natureza. Ou seja, os domínios e escalas não podem ontologicamente (a coisa em si), ser reduzidos uns aos outros, e nem aplicados os mesmos procedimentos para conhecê-los (a não ser, é claro, com os riscos dos reducionismos). A problemática da incerteza encontra-se, nestes termos, no

entremeio complementar do dualismo entre as manifestações causal e comportamental, funcional/histórico, espaço/lugar etc., e as formas de conhecimentos: nomotética e idiográfica, e, explicativo e interpretativo.

Desse contexto de entendimentos emergiu o conhecido panorama da Complexidade, ciência e teoria. Os Sistemas Dinâmicos Complexos trouxeram o caráter fundamentalmente complexo e múltiplo do objeto do conhecimento científico, em ampliação àquela visão simplista, estável, equilibrada do dinamismo do mundo concebido pelos modernos (ALLEN, 1985, pp.268-297, CILLIERS, 2000, 156p.). O caráter 'complexo' advém da infinita gama de interações entre elementos, grupos, domínios (esferas de ações) e dimensões (escalas) não redutíveis. A consciência é a dos limites do conhecimento científico justamente em abarcar tal complexidade do mundo (MORIN, 1985). Exige-se a construção de um novo sentido de universalização para guiar o conhecimento científico. Um sentido que reconheça no universal a paridade das contingências, das desordens, das particularidades, das diferenças, das incertezas. É importante agora novamente destacar que, ao serem o aleatório e o singular inerentes à Natureza há de se reconhecer também que isso necessariamente acarreta uma singularidade irredutível nos fenômenos na natureza. Ou seja, mesmo detendo regras e regularidades, os corpos se manifestam de forma espaço-temporalmente situados, ou seja, sempre singulares à sua situação de interações consigo mesmo e ambiente.

Nesta direção, a Complexidade busca construir uma perspectiva organizacional de apreensão e entendimento da dinâmica dos sistemas da natureza, que tem como projeto associar de forma complementar, concorrente e antagônica, as incertezas/indeterminações/bifurcações/singularidades/tempo/sujeito com as determinações/continuidades/universalidades/espaço/objeto. Para a Geografia, aderindo à perspectiva organizacional, realça-se, primeiramente, que seus estudos tratam de fenômenos histórico-geograficamente situados (BIRD, 1981; MASSEY, 1999; LANE & RICHARDS, 1997; LANE, 2001; MASSEY, 2001; RAPER & LIVINGSTONE, 2001;).

Na Geografia, apesar dessa repercussão não ter sido explorada em profundidade, grande parte dos entendimentos e das noções vinculadas ao contexto da Complexidade já estão sendo, cada vez mais, realçados na disciplina. A natureza fractal (GOODCHILD & MARK, 1987, p.265-278, GAO & XIA, 1996, p.178-191), as potencialidades da abordagem sinérgica (HAKEN, 1985, p.205-211), as repercussões e potencial do conceito de equifinalidade (CULLING, 1987, p.57-72), além da noção de auto-organização (COUTNEY & HARDWICK, 218-220), constituem bem notadas pertinências advindas dos avanços do século XX. Tal contexto requer muito mais complementaridades e refinamentos, do que necessariamente rupturas para com a tradição geográfica reflexiva e metodológica, com ricos entendimentos que ainda exigem muita atenção por parte dos geógrafos, principalmente neste momento tão necessitado de ampliações e alternativas epistemológicas.

Pela Complexidade reconhece-se o fim da possibilidade de previsões 'oniscientes' dos estados passados e futuros dos sistemas da natureza. Afirma-se, finalmente na Ciência, que a incerteza é intrínseca ao dinamismo e conhecimento do mundo. Neste sentido, apresenta-se, assim, o fim definitivo (na ciência) das pretensões monísticas, de um conhecimento único e direcionado para a verdade, para a 'certeza' do mundo, daí autores exclamarem 'o fim das certezas' (PRIGOGINE, 1996, 199p.). Com isso, para ampliar aquele sentido de controle, equilíbrio, ordenação característico da modelagem científica, os modelos em geral agora buscam começar a lidar com as

criatividades, as transformações, diferenciações e particularidades em suas proposições pelos ABM (Agent-based Models) (BANKES, 2002, pp. 7199-7200). As incertezas são um dos vieses iniciais de tais inserções nestes modelos. Consolida-se, no mesmo movimento, justamente por este irremediável limite, a necessidade, a partir da Ciência, de diálogo entre as formas de conhecimento referenciadas no dualismo da modernidade, em busca de 'terceiras' e outras proposições.

Nesta direção, na Geografia as afirmadas incertezas, de cunho ontológico e epistemológico, reconhecidas na dinâmica dos sistemas espaciais e na forma de conhecê-los, sugerem incorporações metodológicas nos modelos. Estas precisam ser exploradas justamente para lidar com os limites empíricos e formais de captação e previsão do fenômeno geográfico, e, neste sentido, buscar aberturas para perspectivas mais amplas de inquérito (BROWN, 2004, p.369). Reconhece-se que a complexidade do real e os limites de abstração e simplificação do observador histórico-geograficamente situado, associado ainda ao reconhecimento dos limites empíricos e formais da modelagem, tornam o ambiente 'opaco', 'incerto', para a empiria dos pesquisadores. Estes limites tornam as restrições da modelagem impossíveis de serem remediadas, restritas aos encerramentos das definições, delimitações e execuções da análise dos parâmetros internamente estabelecidos aos próprios modelos. Esses encerramentos vinculam-se, por exemplo, às escolhas das escalas, 'momentos' espaço/temporais, e domínios, (neste último caso, comumente com o privilégio ou do fenomênico ou do comportamental – KIRK, 1977). Ocorre, então, a necessidade de se localizar as incompletudes de captação dos modelos em relação a domínios influentes, e normalmente não considerados, como forma de se reconhecer aberturas para a construção de diálogos com outras abordagens.

Assim, no projeto interdisciplinar, o reconhecimento das incertezas torna-se uma das entradas para os aprofundamentos e ampliação das modelagens, bem como da realização do diálogo entre os conhecimentos. Centradas, por exemplo, nas limitações do pesquisador, as incertezas se associam também aos processos histórico-sociais do próprio fazer ciência, que contém interpretações, crenças, negligências, valores, alienações e mitos. Isso traz a importância da responsabilidade dos pesquisadores, sujeitos da pesquisa, no esforço para as compreensões teórico-metodológicas e reconhecimento, a partir de sua autoconsciência e criticidade, dos próprios limites individuais, técnicos e sociais de seus conhecimentos, e, disso, buscar definitivamente 'abrir-se' ao diálogo. Neste amplo e ainda incipiente projeto, pretende-se comentar e alertar, por fim, que os principais esforços iniciais vêm no sentido tanto de desenvolver infraestruturas epistemológicas, quanto, e de similar importância, desenvolver apoios institucionais para embasar e suportar tais aberturas e diálogos pretendidos.

### *Considerações Finais – Uma ciência idiográfica? De síntese? Ou híbrida?*

Em termos amplos as incertezas correspondem ao questionamento dos sentidos de ordenação, universalidade e racionalidade. Esses princípios ajudaram a nortear a organização da Sociedade e da Ciência Moderna. Para ambos os casos a afirmação das incertezas corresponde ao reconhecimento do imprevisível, do aleatório, da desordem. Em termos genéricos, as incertezas advêm da complexidade de interações a que a extrema maioria dos fenômenos está sujeita. E é justamente a complexidade de interações que tornam os sistemas únicos, singulares em suas

manifestações, detendo uma identidade irreduzível. Assim, mesmo que haja padrões e regras nos fenômenos, eles se manifestam espaço-temporalmente singulares. Isso deve ser incorporado em nível fundamental, e com isso rever os sentidos de universalidade trazidos pela modernidade – com repercussões na ideia de “ordem e progresso”.

Na Geografia, as incertezas e as particularidades espaciais já estão sendo incorporadas, em termos de reflexão epistemológica e modelagem. Tanto os sistemas geográficos foram reconhecidos como detendo não-linearidades físicas e simbólicas, quanto a forma de conhecê-los também foi reconhecida como não-linear. As incertezas são ontológicas e epistemológicas, as singularidades e diferenciações também são consequentemente ontológicas e epistemológicas. São elas umas das fontes de abertura para o diálogo intra e interdisciplinar dentro da Geografia e Ciência. É necessário o diálogo entre os conhecimentos para lidar, por exemplo, com os resíduos incompreensíveis presentes em todas as abordagens.

A Geografia estaria se encaminhando para o destaque do idiográfico sobre o nomotético? Revertendo o movimento da modernidade? Destacando agora o singular, o particular, a diferença, ao invés do universal, da regra, da lei? Por outro lado, estaríamos também buscando, sob novos argumentos e contextos, a tradicional síntese geográfica ao dialogar com os conhecimentos para lidar com as incertezas? Ou estaríamos indo em direção a uma Geografia Híbrida? Procriando novas formas de se praticar o conhecimento a partir do diálogo das diferenças?

Seria provavelmente um equívoco adotar um maniqueísmo e dar destaque ao idiográfico em exclusão às regras e padrões do nomotético – embora não seja mais adequado falar em “leis”. Os problemas epistemológicos e práticos talvez exijam que criemos novos conceitos, categorias e ferramentas para além dessas dualidades. Seriam então, por exemplo, abordagens ideotéticas ou nomográficas? Como dialogar a singularidade do ver (*idio*) com a regularidade do universal (*nomo*)? Embora a pergunta seja clássica, a resposta ainda não está clara na Geografia contemporânea.

Por fim, é importante destacar que, seja pela síntese geográfica, ou não, o desafio, inevitavelmente, exige a articulação de conhecimentos. Dessa forma, se iremos recorrer à tradição sintética, ou recorrer ao hibridismo são questões que exigem aprofundamentos. Mas a necessidade e as aberturas ontológicas e epistemológicas para esse diálogo já estão sendo exclamadas. A incerteza científica é uma destas noções que, além de novos aparatos técnicos, destacam a necessidade e servem de abertura para a realização de diálogos.

---

*Submetido em 29 de setembro de 2016*

*Aceito para publicação em 7 de maio de 2017*

## Referências

- ABREU A. A. A Teoria geomorfológica e sua edificação: análise crítica. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, ano 4, nº 2, p. 51-67, 2003.
- ALLEN, P. M. Towards a new science of complex systems. In: **The Science and Praxis of Complexity**. Contributions to the Symposium held at Montpellier, France, 9-11 May 1984, Ed. The United Nations University, 1985.
- ATLAN, H. **Entre o cristal e a fumaça: ensaio sobre a organização do ser vivo**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1992.
- BACHELARD, G. **Epistemologia**. Rio de Janeiro: Zahar editores, 1977.
- BANKES, S. C. Agent-based modeling: a revolution? **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v.99, n.10, Supplement 3: Arthur M. Sackler Colloquium of the National Academy of Sciences. Sackler Colloquium on Adaptive Agents, Intelligence, and Emergent Human Organization: Capturing Complexity through Agent-Based Modeling. May, 14, p. 7199-7200, 2002.
- BERGÉ, P., POMEAU, Y., DUBOIS-GANCE, M. **Dos ritmos ao caos**. São Paulo: Ed. UNESP, 1996.
- BROWN, J. D. Knowledge, uncertainty and physical geography: towards the development of methodologies for questioning belief. **Transactions of the Institute of British Geographers**, New Series, 29, pp.367-381, 2004.
- CHAUÍ, M. Contigência e Necessidade. In: NOVAES, A. (Org), **A crise da razão**. São Paulo: Companhia das Letras, 1996.
- CHRISTOFOLETTI, A. **As características da Nova Geografia**. Boletim de Geografia Teorética. v.1, n.1, p. 3-33, 1976.
- CILLIERS, P. **Complexity and postmodernism. Understanding complex systems**. London and New York: Routledge, 2000.
- CLIFFORD, N. J. Models in geography revisited. **Geoforum**, 39, p.675-686, 2008.
- COURTNEY, L., HARWICK, W. Self-organizing systems in Geography: A response to Peterman. **Professional Geographer**, v.47, n.2, p. 218-220, 1995.
- CULLING, W. E. H. A new view of the landscape. **Transactions of the Institute of British Geographers** v.13, p. 345-360, 1988.
- DAUPHINÉ, A. De l'ordre au chaos. Nouvelle démarche em géographie physique. **L'Espace Géographique** v.4, p.289-301, 1991.
- DOULLFUS, O. Chaos bornés et monde actuel. **L'Espace Géographique** v.4, p. 302-308, 1991.
- DURAND-DASTÈS, F. La notion de chaos et la géographie quelques réflexions. **L'Espace Géographique** v.4, p. 311-314, 1991.

- DUTRA GOMES, R. **Geografia e Complexidade: das diferenciações de áreas à Nova Cognição do Sistema Terra-Mundo**. Tese de Doutorado. Campinas: Instituto de Geociências, UNICAMP/Campinas, 2010, 258p.
- GOODCHILD, M. F., MARK, D. M. The fractal nature of geographic phenomena. **Annals of the Association of American Geographers** v.77, n.2, p. 265-278, 1987.
- GAO, J., XIA, Z. Fractals in physical geography. **Progress in Physical Geography**, v.20, n.2, p. 178-191, 1996.
- HAKEN, H. Synergetics – an interdisciplinary approach to phenomena of Self-organization. **Geoforum**, v.16, n.2, p. 205-211, 1985.
- HARVEY, D. **Explanation in Geography**. New York: St Martin's Press, 1969.
- HARVEY, D. **A condição pós-moderna**. Rio de Janeiro: Edições Loyola, 1992.
- HARVEY, D. **Justice, nature and the geography of difference**. Cambridge: Blackwell Publishers, 1996.
- HEISENBERG, W. **Física e filosofia**. Brasília-DF: Ed. Universidade de Brasília, 1981.
- JAPIASSU, H. **Questões epistemológicas**. Rio de Janeiro: Imago, 1981.
- JONES, E. Cause and effect in Human Geography. **Annals of the Association of American Geographers** v.46, n.4, p. 369-377, 1956.
- KERN, S. **The culture of time and space – 1880-1918**. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press, 1983.
- KIRK, W. Problemas de la Geografía. In: RANDLE, P. H. (Org), **Teoria de la Geografía**. (primeira e segunda parte). Buenos Aires: GAEA, Sociedad Argentina de estudios geográficos, Série especial, n.4, 1977.
- KWAN, M. Beyond difference: from canonical geography to hybrids geographies. **Annals of the Association of American Geographers** v.94, n.4, p. 756-763, 2004.
- LAKATOS, I. MUSGRAVE, A. **A crítica e o desenvolvimento do conhecimento**. São Paulo: Ed. Cutrix/Ed. da Universidade de São Paulo, 1979.
- LANE, S. N. Constructive comments on D. Massey 'Space-time, science and the relationship between physical geography and human geography. **Transactions of the Institute of British Geographers**, New Series, v.26, p. 243-256, 2001.
- LANE, S. N., RICHARDS, K. Linking river channel form and process: time, space and causality revisited. **Earth Surface Processes and Landforms** v.22, p. 249-260, 1997.
- MANSON, S. M., O' SULLIVAN, D. Complexity theory in the study of space and place. **Environmental and Planning A**, v.38, p. 677-692, 2006.
- MASSEY, D. Space-time, 'science' and the relationship between physical geography and human geography. **Transactions of the Institute of British Geographers**, New Series, v.24, p. 261-276, 1999.

- MASSEY, D. Talking of space-time. **Transactions of the Institute of British Geographers**, New Series, v.26, p.257-261, 2001.
- MCKEEHAN L. W. Physical Indeterminacy and Philosophical Determinism. **Science**, New Series, v.81, n.2108, p. 514, 1935.
- MENDOZA, J. G., JIMÉNEZ, J. M., CANTERO, N. O. **El pensamiento geográfico. Estudio interpretativo y antología de textos**. Madrid: Alianza editorial, 1988.
- MEYER-ABICH, A. A filosofia de Alexandre de Humboldt. Representante do 'holismo' de Schelling. **Boletim Geográfico**. Transcrições, ano 20, n.167, p. 139-146, 1962.
- MOREIRA, R. A diferença e a Geografia. **Geographia**, ano 1, n.1, p. 44-58, 1999.
- MORENO, J. C. Tres teorías que dieron origen al pensamiento complejo: sistémica, cibernética e información. In: VELILLA, M. A. (Org.). **Manual de iniciación pedagógica al pensamiento complejo**. Instituto Colombiano de Fomento de la Educación Superior, UNESCO, 2002.
- MORIN, E. On the definition of complexity. In: **The Science and Praxis of Complexity**. Contributions to the Symposium held at Montpellier, France, 9-11 May 1984, Ed. The United Nations University, 1985.
- NIETZSCHE, F. **Humano Demasiado Humano**. São Paulo: Companhia das Letras, 2000.
- O' SULLIVAN, D. Complexity science and human geography. **Transactions of the Institute of British Geographers**, New Series, v.29, p.282-295, 2004.
- OLIVEIRA, L. O conceito geográfico de espaço. **Boletim de Geografia Teórica** v.2, n.4, p. 5-22, 1972.
- PESSIS-PASTERNAK, G. **Do caos à inteligência artificial. Quando os cientistas se interrogam**. São Paulo: Editora da UNESP, 1993.
- PLATT, R. Determinism in Geography. **Annals of the Association of American Geographers**, v.38, p. 126-132, 1948.
- PORTUGALI, J. Complexity theory as a link between space and place. **Environmental and Planning A**, v.38, p. 647-664, 2006.
- PRIGOGINE, I. **O fim das certezas**. São Paulo: Ed. Unesp, 1996.
- RAPER, J., LIVINGSTONE, D. Let's get real: spatio-temporal identity and geographic entities. **Transactions of the Institute of British Geographers**, New Series, v.26, n.2, p. 237-242, 2001.
- ROSA, L. P. Determinismo, indeterminismo, acaso e caos. In: SILVEIRA, A. M., MOREIRA, I. C., MARTINS, R. C. FUKS, S. (Org), **Caos, acaso e determinismo**. Rio de Janeiro: Editora UFRJ, 1995.
- RUELLE, D. **Acaso e caos**. São Paulo: Editora da UNESP, 1993.
- SILVEIRA, R. W. D. **Influências da filosofia kantiana e do movimento romântico na gênese da Geografia Moderna: a constituição dos conceitos de espaço, natureza e morfologia em Alexander von Humboldt**. Dissertação de Mestrado. Campinas: UNICAMP-SP, 2008.

VACONCELOS, E. M. **Complexidade e pesquisa interdisciplinar: epistemologia e metodologia operativa**. Petrópolis: Editora Vozes, 2002.