

PROPOSTA DE MODELO ANALÍTICO DO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO EM TERMOS DE TRANSFORMAÇÃO DE ENTROPIA DE GEORGESCU-ROEGEN

João Pereira do Santos – Professor FACECON/UFPA

Zilda Joaquina Cohen Gama dos Santos – Professora ICS/UFOPA

Bárbara Maria Pinto Cardoso – Graduanda FACECON/UFPA

Área de Interesse: Economia Ecológica e Sustentabilidade

Resumo

O principal objetivo deste trabalho é apresentar uma proposta de modelo analítico do processo de desenvolvimento em termos de transformação de entropia na visão da economia ecológica de Nicholas Georgescu-Roegen. Metodologicamente este trabalho é fruto de um intenso estudo bibliográfico das principais obras de Georgescu-Roegen que culminou com a elaboração do esquema analítico proposto. Sustentado nas principais categorias/conceituações analíticas, quais sejam: 1) entropia; 2) irreversibilidade e irrevogabilidade; 3) instrumentos exossomáticos e endossomáticos; 4) evolução exossomática e 5) instituição, o modelo proposto relaciona ecologia, economia e instituições para mostrar que os processos econômicos das sociedades humanas modernas são entrópicos. Por fim, espera-se que este modelo possa auxiliar na investigação do papel da troca, da produção, da estrutura de taxaço e da distribuição de renda sobre a determinação do nível de preço e seus efeitos sobre o emprego e o meio ambiente em uma economia monetária de produção dependente de recursos naturais finitos.

Palavras-chave: Entropia; Irreversibilidade e Irrevogabilidade; Evolução Exossomática; Instituição

Abstract

The main objective of this paper is to present a proposal for an analytical model of the development process in terms of entropy transformation from the perspective of Nicholas Georgescu-Roegen's ecological economics. Methodologically, this paper is the result of an intense bibliographical study of Georgescu-Roegen's main works, which culminated in the elaboration of the proposed analytical scheme. Based on the main analytical categories/concepts, namely: 1) entropy; 2) irreversibility and irrevocability; 3) exosomatic and endosomatic instruments; 4) exosomatic evolution and 5) institution, the proposed model relates ecology, economy and institutions to show that the economic processes of modern human societies are entropic. Finally, it is expected that this model can assist in the investigation of the role of exchange, production, taxation structure and income distribution in determining the price level and their effects on employment and the environment in a monetary economy of production dependent on finite natural resources.

Keywords: Entropy; Irreversibility and Irrevocability; Exosomatic Evolution; Institution

1. Introdução

O presente trabalho tem como objetivo apresentar uma proposta de modelo analítico que possa auxiliar na compreensão do pensamento de Georgescu-Roegen, estudioso que fez importantes

contribuições, ao longo da década de 1970, para a conformação do surgimento da Economia Ecológica na década de 1980.

Para Georgescu-Roegen (1971, p. 193-194), existe uma relação direta entre o fluxo de energia derivado das relações sociais e o fluxo de energia derivado das leis da termodinâmica. A economia é parte de um ecossistema vivo e atuante. Na verdade, Georgescu-Roegen utiliza as leis da termodinâmica para justificar a vida econômica: “se a presença da vida importa, então a vida tem algum efeito sobre as leis físicas”. De fato, a mudança no ambiente material provocada pela biosfera mostra que a vida acelera a degradação da entropia de todo o sistema. A evolução da entropia de um sistema isolado é alterada se a vida for introduzida nele em um determinado momento. Por conta disso, todas as estruturas portadoras de vida classificam de forma imaginária a baixa entropia e utilizam seus órgãos biológicos com o propósito de manter sua entropia intacta, de desfrutar e preservar as suas vidas.

Dessa maneira, para além das interações entre dois indivíduos e aplicando para interação entre luta entrópica, escassez de baixa entropia e instrumentos exossomáticos, ou seja, a produção social, Georgescu-Roegen (1971, p. 194) afirma que, “a vida é capaz de algumas manifestações físicas que não são deriváveis das leis puramente físico-químicas da matéria. Há alguma liberdade deixada à realidade pela lei da Entropia da termodinâmica clássica. E é em virtude dessa liberdade que um organismo vivo pode realizar seu propósito de vida e que a atividade econômica do homem é possível”.

Em outras palavras, segundo Georgescu-Roegen (1971, p. 195), a ciência econômica costuma se interessar por problemas envolvendo ações humanas. O economista analisa as ações daqueles que produzem e investem, ou de todos os que foram atingidos pela escassez produzida pela queda na produção, mas “não chegará a uma compreensão penetrante se ele se recusar a olhar para os propósitos que os movem. Pois a verdade que não pode ser negada [...] é que todos nós [...] agimos com um propósito”.

Nesse caminho, Georgescu-Roegen, (1971, p. 195) utiliza os conceitos de irreversibilidade e irrevogabilidade para mostrar que há um sério perigo de o planeta ser danificado de forma irreversível se as políticas econômicas dos países não reconhecerem os sistemas econômicos como sistemas constituídos de seres humanos vivos e como partes de ecossistemas que contém outras formas de vida: “[...] um círculo completo é fechado ao lembrar que todos os nossos propósitos importantes – a saber, permanecer vivo e manter um lugar sob o sol social – levam a transformações entrópicas de nosso universo vizinho. Isso significa que a realização de nossos propósitos nos coloca em uma jornada sem retorno”.

Diante do exposto, um esquema analítico relacionando ecologia, economia e instituições é escasso e necessário para apresentação de sugestões de mudanças do atual modelo de

desenvolvimento econômico. De fato, a dinâmica da mudança do meio ambiente é tratada como a dinâmica do sistema econômico que pode ser controlado por meio de políticas econômicas, mas Georgescu-Roegen deixa claro que a interação entre os sistemas econômicos e o meio ambiente é controlado por uma lei independente: a lei da entropia.

Alguns cientistas tentam estabelecer o limite máximo de agressão que o ser humano pode deferir sobre o meio ambiente. Outros pesquisadores sugerem estabelecer o limite mínimo de recursos necessário à sobrevivência humana (HOLT, 2005), como se os modelos econômicos pudessem antecipadamente estabelecer a causa, o propósito e as consequências para o meio ambiente e a biosfera de uma forma administrada.

Nessa situação, a terra vive hoje problemas com a degradação dos recursos naturais, dependência de recursos fósseis, poluição, problemas com a camada de ozônio, emissões de gases do efeito estufa e mudanças climáticas. Nesse processo, os cientistas estão percebendo que os problemas gerados pela ação do homem no meio ambiente e na biosfera estão cada mais imprevisíveis, incomunicáveis e incontroláveis, capazes de ameaçar a vida na terra (BECK, 2016). Isto mostra na prática que os estudos de Georgescu-Roegen sobre os efeitos da entropia, da economia e das instituições sobre a dinâmica do ecossistema foi negligenciado.

Outra questão importante é o método utilizado pelos cientistas para o cálculo do valor econômico e ambiental. Existe uma grande dificuldade para o cálculo do valor econômico porque as estatísticas oficiais não identificam com código os produtos resultantes de processos que utilizam insumos de origem fóssil e os que são baseados em recursos da biologia (PARISI; RONZON, 2016). De fato, o mundo encontra-se em constante transformação, em grande parte advindas de ações antrópicas, que têm causado grande impacto no ecossistema. Tais mudanças precisam ser mais bem compreendidas a fim de evitar a ocorrência de efeitos negativos e possivelmente, catastróficos. (MACHADO, GARRAFA, 2020). Em outras palavras, a lei da entropia é negligenciada na determinação do valor econômico (BECK, 2016).

Vale ressaltar também que muitos autores atribuem modelos estabelecendo “limites ao crescimento” ou “crescimento zero” ou “decrescimento do produto agregado” à Georgescu-Roegen (2012). Na verdade, este autor relaciona desenvolvimento ao conceito de entropia e inovação. O processo econômico consiste em uma transformação continua e irrevogável de baixa em alta entropia. Georgescu-Roegen (1971, p. 294) sugere que abandonemos “muitas das ideias às quais agora nos apegamos em questões de desenvolvimento econômico e as substituiremos por uma perspectiva mais ampla do que significa desenvolvimento econômico em termos de transformação de entropia.

Para cumprir com o objetivo proposto o trabalho está dividido em duas seções além desta introdução e das considerações finais. Primeiramente, são apresentados os principais conceitos

científicos que Georgescu-Roegen utiliza de outras ciências e que são importantes para compreensão das suas ideias e, em seguida é apresentado e descrito o modelo elaborado.

2. Principais conceitos mobilizados por Georgescu-Roegen

Para explicar seu argumento central, qual seja, a luta econômica gira apenas em torno da baixa entropia e que a natureza do processo econômico visto como um todo é puramente entrópica e, portanto, que está suscetível aos limites biofísicos do Planeta, Georgescu-Roegen (1971) mobiliza uma série de conceitos científicos de diversas áreas do conhecimento, especialmente economia, física, biologia, sociologia (ou análise institucional) e ciência política que serão apresentados nesta seção com o intuito de fornecer o embasamento necessário para compreensão do seu pensamento. Assim, serão apresentados a seguir, os conceitos de entropia, a diferença entre processo irreversível e irrevogável, os conceitos de instrumentos exossomáticos e endossomáticos, o conceito de instituição, evolução exossomática e conflito social.

2.1 Lei da Entropia, Sistema Aberto e Desequilíbrio

Segundo Georgescu-Roegen (1971), a economia dos processos biológicos em todos os níveis é regida pela Lei da Entropia. O processo econômico está intimamente ligado à Lei da Entropia. Por causa da entropia, o processo econômico induz mudanças qualitativas duradouras na natureza e é afetado pela mudança qualitativa do ambiente em que está ancorado. É um processo aberto, dependente e histórico. Dessa maneira, a lei natural da entropia está envolvida em todos os aspectos do comportamento do homem, ou seja, “a lei da entropia influencia as ações econômicas do homem” (GEORGESCU-ROEGEN, 1971, p.2).

A Entropia é reconhecida pelo próprio Georgescu-Roegen como um conceito complexo (GEORGESCU-ROEGEN, 2012). Sem entrar nos detalhes da sua origem, que remonta aos primeiros estudos da física da Termodinâmica¹ e suas descobertas sobre os processos de transformação de energia e produção de calor, e focando no que importa para o pensamento de Georgescu-Roegen, precisa-se compreender, primeiramente, que existem duas formas de energia: i) a energia utilizável ou livre (que pode ser transformada em trabalho) e; ii) a energia não utilizável ou ligada (que não pode ser transformada em trabalho).

Dito isso, Georgescu-Roegen (2012, p. 81) busca simplificar a definição de entropia a definindo como “índice da quantidade de energia não utilizável contida num dado sistema termodinâmico num determinado momento da sua evolução”. Nesse sentido, dizer que um sistema

¹ Em *The Entropy Law and Economic Process* Georgescu-Roegen despendi muitas páginas explicando minuciosamente a origem das leis da Termodinâmica

possui baixa entropia, significa que ele tem baixa quantidade de energia não utilizável, ou de outra forma, que ele possui grande quantidade de energia utilizável.

Outra formulação mais complexa para entropia, que advém da 2ª Lei da Termodinâmica, demonstra que a energia utilizável é continuamente transformada em energia não utilizável até desaparecer completamente, o que corresponde a degradação irrevogável, observada por exemplo no processo de degradação de uma fruta até ela se estragar completamente. Isso implica, que todas as formas de energia são gradativamente transformadas em calor e o calor ao final, torna-se tão difuso que o homem não pode utilizá-lo (GEORGESCU-ROEGEN, 2012).

Segundo Georgescu-Roegen (1971, p. 8-11) a mudança qualitativa da energia e matéria causada pela lei da entropia é um fato independente e inexorável. Naturalmente, a Entropia de um ser vivo e de um sistema de vida se opõe à tendência de degradação qualitativa a que está sujeita a matéria inerte. Entretanto, um ser vivo só pode escapar à degradação entrópica da sua própria estrutura. Não pode impedir o aumento da entropia de todo o sistema, constituído pela sua estrutura e pelo seu ambiente. Dessa maneira, a presença de vida faz com que a entropia de um sistema aumente mais rapidamente do que aconteceria de outra forma.

Além disso, a essência da Lei da Entropia é que a degradação da energia tende a um máximo em sistema isolado, e que tal processo é irreversível. Os seres vivos conseguem manter sua organização temporariamente, resistindo ao processo entrópico do universo. Isso só é possível por serem sistemas abertos a entrada de energia e materiais. A energia tem que ser capaz de realizar trabalho. Diz-se que essa energia é de baixa entropia. Os organismos vivos existem, crescem e aumentam sua organização importando energia de qualidade, de baixa entropia, de fora de seus corpos, e exportando entropia, ou seja, aumentando a entropia ao seu redor.

Uma formulação mais recente da posição de que o processo econômico tem limites naturais definidos é que o âmbito da economia está confinado ao estudo de como determinados meios são aplicados para satisfazer determinados fins, conjunta ou separadamente. “O objetivo essencial da economia é determinar a alocação de determinados meios para a satisfação ótima de determinados fins. Na verdade, qualquer sistema que envolva um princípio de conservação (dados meios) e uma regra de maximização (satisfação ótima) é um análogo mecânico” (GEORGESCU-ROEGEN, 1971, p. 318-319).

Por outro lado, a proposição do materialismo histórico é que o processo econômico não é um sistema isolado. O domínio econômico está rodeado por uma penumbra dialética muito mais ampla do que a de qualquer ciência natural. Dentro desta ampla penumbra, o econômico entrelaça-se com o social e o político. Por outra parte, o processo econômico depende do fluxo de insumos para manter sua organização material, expandir sua capacidade produtiva e crescer em escala de produção.

2.2 Irreversibilidade e Irrevogabilidade

Georgescu-Roegen (1971) chama a atenção para o fato de que existem processos que são irreversíveis e outros que são irrevogáveis. A primeira categoria são os processos que, embora não sejam reversíveis, podem retornar a qualquer fase previamente alcançada, como por exemplo o processo de crescimento e perda de folhas de uma árvore a cada ano. A segunda categoria, refere-se aos processos que não podem passar por um determinado estado mais de uma vez, como por exemplo a degradação entrópica do universo tal como concebido pela termodinâmica clássica, a energia livre, uma vez transformada em energia latente nunca pode ser recuperada.

Essa ponderação tem reflexo sobre a compreensão dos processos evolutivos da natureza, pois eles só existem porque alguns processos são irrevogáveis, os passos não podem ser refeitos na história. Segundo o ponto de vista de Georgescu-Roegen (1971, p. 129), “é a física que fornece o único exemplo claro de uma lei evolucionária: a Segunda Lei da Termodinâmica, também chamada de Lei da Entropia”. Deve-se notar, no entanto, que a entropia é estritamente uma lei evolutiva com uma seta do tempo claramente definida. Os incrementos de entropia são determinados na direção do Tempo, ou seja, do momento anterior ao posterior no tempo. A entropia do universo aumenta à medida que o tempo flui pela consciência do observador. O tempo deriva do fluxo de consciência, não da mudança na entropia; nem do movimento de um relógio. A direção objetiva do Tempo, a seta do tempo, é indicada pelo aumento inevitável da entropia (GEORGESCU-ROEGEN, 1971)

Na visão dos pós-keynesianos Robinson (1980) e Shackle (1967), Georgescu-Roegen reconcilia as visões histórica e física do tempo ao demonstrar que se considerarmos o T termodinâmico em vez do tempo t mecânico, então seremos capazes de conciliar esse tempo físico T com o tempo histórico. A visão mecanicista do mundo com condições estáveis, atemporais, reversíveis e mensuráveis é assim substituída por uma visão de mudança permanente e transformação qualitativa, por entropia crescente e evolução exossomática. (BOBULESCU, 2017).

2.3 Instrumentos Exossomáticos e endossomáticos

Tendo como referência os estudos de Alfred J. Lotka (1925), Georgescu-Roegen (1971) afirma a necessidade de compreensão da diferença entre instrumentos endossomáticos e exossomáticos. O primeiro termo refere-se aos instrumentos que todos os organismos vivos individuais são dotados ao nascer, tais como pernas, braços, asas etc. O tipo de instrumento endossomático varia de acordo com a espécie. Já os instrumentos exossomáticos são aqueles que são produzidos pelo homem, que não pertencem a seu corpo, com o intuito de aumentar ou melhorar a sua potência de trabalho, tais como a foice, o arado, entre outros. Os economistas costumam chamar esses instrumentos de equipamentos de capital.

De acordo com Georgescu-Roegen (1971, p. 307, tradução nossa):

a evolução endossomática pode ser descrita como um progresso da eficiência entrópica das estruturas que sustentam a vida. Da mesma forma que a evolução exossomática. Os

instrumentos exossomáticos permitem ao homem obter a mesma quantidade de baixa entropia com menos gasto de sua própria energia livre do que se ele usasse apenas a energia endossomática dos seus órgãos

Entretanto, segundo Georgescu-Roegen (1988, p. 318), não deve ser ignorado o fato de que “esta evolução não é uma bênção pura. Acima de tudo, transformou o homem numa espécie dependente de recursos finitos e acessíveis, uma transformação irreversível”.

2.4 Conceito de instituição

Pressionado pela Lei da entropia, o homem classifica de forma imaginária a baixa entropia e utiliza seus órgãos biológicos com o propósito de manter sua entropia intacta, de desfrutar e preservar as suas vidas. A degradação da entropia determinará a direção da atividade adequada para o equilíbrio do processo de vida. Em razão da luta entrópica e da escassez de baixa entropia, o instinto de *workmanship*² com base no conhecimento recebido e corrente e a curiosidade ociosa³, gradualmente desenvolvem um conhecimento especulativo e criam instrumentos exossomáticos que possibilitam ao homem obter a mesma quantidade de baixa entropia com menor gasto de sua energia livre do que se usasse apenas seus órgãos endossomáticos. À medida que os órgãos exossomáticos inventados se tornam cada vez mais complexos, a sua produção já não pode ser conseguida apenas por um único homem, família, mesmo por um único grupo. Diante da pressão da degradação do dote de baixa entropia, a luta entrópica do homem em busca de baixa entropia para manter sua entropia intacta cria forçosamente uma nova maneira de produzir e organizar instrumentos exossomáticos, a produção social, uma nova instituição. Entretanto, é o fluxo de baixa entropia que determinará a capacidade e a escala de produção social.

2.5 Evolução exossomática e conflito social

Segundo Georgescu-Roegen (1971), em todas as sociedades, o agente do processo econômico persegue continuamente o aumento daquilo que pode reivindicar como o seu rendimento, de acordo com a sua posição corrente e as normas distributivas. O agente econômico utiliza dois métodos para aumentar sua renda. Primeiro, ele pode procurar formas de melhorar qualitativamente

² Segundo Veblen (1957, p. 3, tradução nossa), a “gênese e o crescimento de qualquer sistema de conhecimento devem-se, em grande parte, à iniciativa e *bias* proporcionadas por dois certos traços impulsivos da natureza humana: uma curiosidade ociosa, e o instinto de *workmanship*”. Ainda segundo Veblen (1914, p. 39, tradução nossa), “*Workmanship* prossegue sobre o conhecimento assim recebido e corrente e se aproveita dele para lidar com os meios materiais de vida”.

³ Grande parte do conhecimento corrente é objeto de especulação deliberada, usado para o propósito tecnológico “não intencional”, “irrelevante”, “desapaixonado”, “desinteressado”, cujo motivo e incentivo é a curiosidade. Nas palavras de Veblen (1957, p. 4, tradução nossa), “[...] os homens instintivamente buscam conhecimento, e o valorizam. O fato desta proclividade pode ser bem resumido ao dizer que os homens são por dom nativo impulsionados com uma curiosidade, “ociosa” no sentido de que um conhecimento das coisas é procurado, independentemente de qualquer utilização ulterior do conhecimento que se ganhou”.

os meios que já possui. Em segundo lugar, ele pode procurar aumentar a sua participação pessoal no estoque ou fluxo de meios sociais, o que equivale a mudar as relações distributivas prevalentes.

Em seu artigo *The Interplay between economic and Institutional factors*, Georgescu-Roegen (1988) faz uma investigação sobre a interação entre os modos de produção e cultura conhecida como economia institucional. Em sua visão crítica à teoria institucional e evolucionária de Thorstein B. Veblen e economia institucional de John R. Commons, Georgescu-Roegen (1988, p. 318) explica que “existe alguma correlação entre fatores econômicos e fatores institucionais, mas esta correlação não segue um princípio geral. Cada situação tem sua própria lógica”. Às vezes as sociedades humanas seguem uma tendência definida, às vezes surgem diversos conflitos de interesses que são responsáveis pela fricção da sociedade.

Em algum período da história, segundo Georgescu-Roegen (1988), o homem transgrediu a evolução biológica quando começou a produzir, para si mesmo, instrumentos exossomáticos que resultam em conflitos de interesses, em contraposição aos órgãos endossomáticos que são propriedade natural do indivíduo e, portanto, não podem ser objeto de um conflito "normal". Além disso, essa mudança transformou o homem numa espécie dependente de recursos acessíveis finitos.

À medida que os instrumentos exossomáticos inventados se tornaram cada vez mais complexos, a sua produção exigiu mais mãos, tanto para serem construídos como para serem operados, a produção tornou-se forçosamente um empreendimento social. Por conta dos conflitos de interesses nas transações de administração, o empreendimento precisava ser planejado, supervisionado e controlado. Surgiu naturalmente uma nova divisão entre as pessoas, uma divisão de papéis. Esses papéis sociais constituíram a classe governante. Todos os outros membros da sociedade formam a classe governada (GEORGESCU-ROEGEN, 1988).

Sucessivamente, a divisão que surgiu das condições materiais que sustentaram a vida da espécie humana, tornou-se uma divisão do status material. Segundo Georgescu-Roegen, (1988, p. 319) “as elites sempre criaram uma mitologia social favorável sobre seu indispensável papel para o bem de seus governados”. Ele prossegue dizendo que “atualmente, nós já estamos movendo em direção a era quando os tecnocratas de todas as expertises chamam a atenção de que sem eles a sociedade, por causa de sua crescente complexidade, estaria perdida”, entretanto, essas afirmações segundo ele tem um fundo de verdade, pois “em cada estágio industrial, a sociedade precisa de uma instituição governante definida”.

Dessa maneira, Georgescu-Roegen (1976, p. 152), concorda com Keynes (CWJMK, V. 6, 1930, p. 174,) que a “política é inevitável e sábia”. O que é lamentável, segundo ele, é o fato de que os políticos assim como a classe ociosa (Veblen, 1919) tentam “conseguir alguma coisa a partir do nada”. Em segundo lugar, “dada a natureza das proclividades, haverá conflito social entre as elites

e suas plataformas sociais e repousará sob formas variadas desde que o homem permaneça uma espécie vivendo de produção social e distribuição social” (GEORGESCU-ROEGEN, 1971, p. 320).

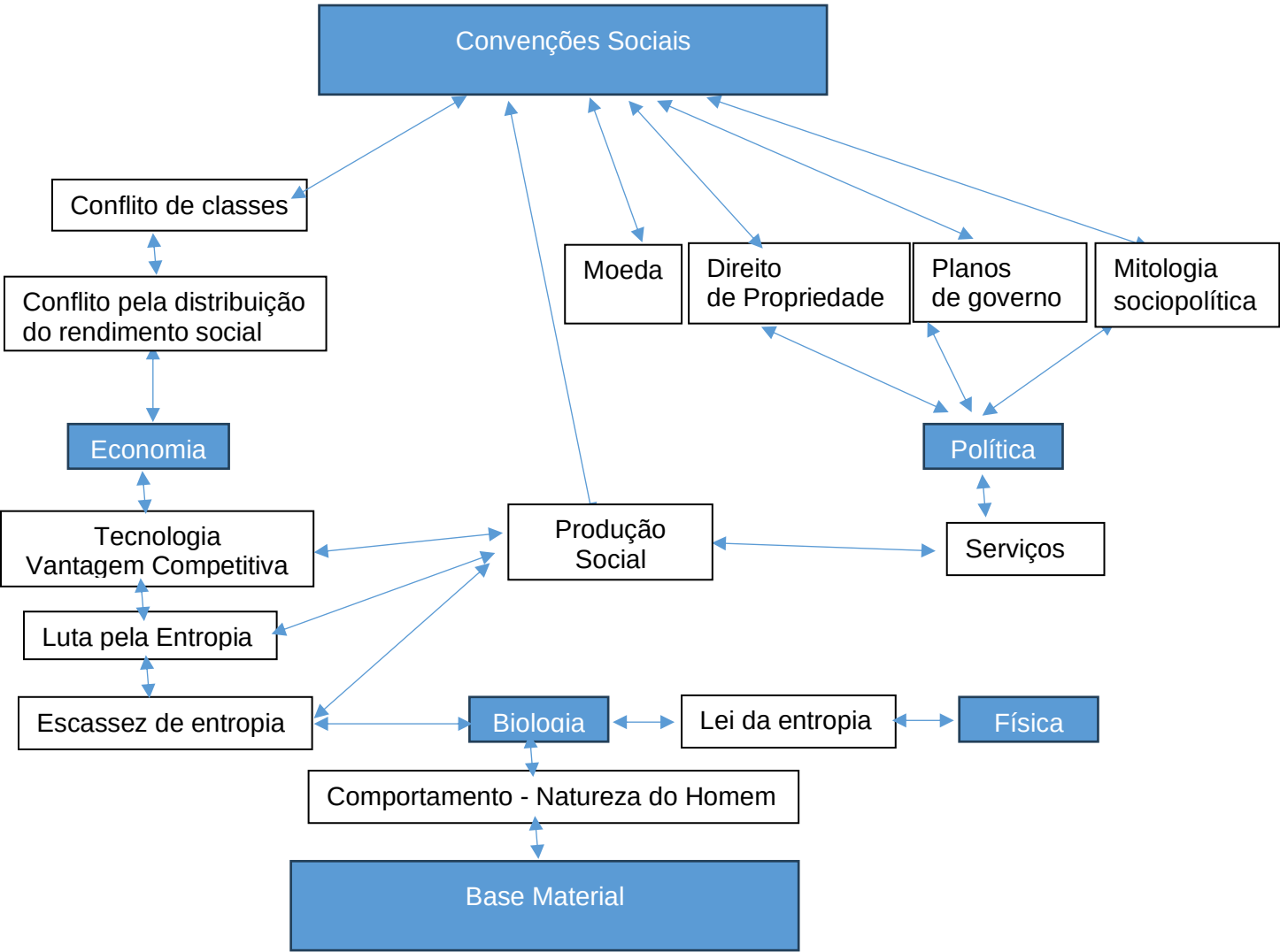
3. Proposta de modelo analítico do processo desenvolvimento econômico

O modelo aqui proposto é resultado de um intenso estudo bibliográfico das principais obras de Georgescu-Roegen. Assim, figura 1 apresenta o esquema analítico do processo de desenvolvimento econômico em termos de transformação de entropia tendo como base as ideias de desse autor.

Segundo este Georescu-Roegen (1971, p. 294):

A história econômica da humanidade é a luta entrópica do homem com o dote limitado da existência da humanidade na terra. Esta luta, contudo, está sujeita a algumas leis, algumas derivadas das propriedades físicas da matéria, outras da natureza do próprio homem. Para a nossa compreensão, no entanto, apenas uma imagem integrada destas leis conta.

Figura 1: Modelo Analítico do Processo de Desenvolvimento Econômico em termos de transformação de entropia baseado em Nicholas Georgescu-Reogen



De acordo com Georgescu-Roegen (1971), o objetivo social e econômico em termos de transformação de entropia é manter a entropia intacta, permanecer vivo e manter um lugar sob o sol social. Como pode ser observado na figura 1, a lei da entropia é uma lei independente e inflexível que não pode ser controlada pelas decisões arbitrárias dos planos de longo prazo dos governos. Naturalmente, pressionado pela Lei da entropia, o homem se comporta com o propósito de restaurar o equilíbrio do processo de vida. Entretanto, dada sua natureza, a única maneira pela qual o homem pode lidar com a matéria é em massa, de maneira que ele classifica de forma imaginária a baixa entropia e utiliza seus órgãos biológicos com o propósito de manter sua entropia intacta, de desfrutar e preservar a sua vida.

Por outro lado, a taxa ou o ritmo na qual pode utilizar a base material é em grande parte uma questão de sua própria decisão, impaciência, satisfação de desejos extravagantes. A luta entrópica do homem com o dote limitado da existência da humanidade na terra determinará a direção da atividade adequada para o equilíbrio do processo de vida. Em razão da luta entrópica e da escassez de baixa entropia, o instinto de *workmanship* com base no conhecimento recebido e corrente e a curiosidade ociosa, gradualmente desenvolvem um conhecimento especulativo e criam instrumentos exossomáticos que possibilitam ao homem obter a mesma quantidade de baixa entropia com menor gasto de sua energia livre do que se usasse apenas seus órgãos endossomáticos. À medida que os órgãos exossomáticos inventados se tornam cada vez mais complexos, a sua produção já não pode ser conseguida apenas por um único homem, família, mesmo por um único grupo. Diante da pressão da degradação do dote de baixa entropia, a luta entrópica do homem em busca de baixa entropia para manter sua entropia intacta cria forçosamente uma nova maneira de produzir e organizar instrumentos exossomáticos, a produção social, uma nova instituição. Entretanto, é o fluxo de baixa entropia que determinará a capacidade e a escala de produção social.

A partir de então a diferença entre instrumentos exossomáticos e endossomáticos se torna operativa economicamente, pois os instrumentos exossomáticos não são uma propriedade natural e indissolúvel do homem, a tecnologia cria uma vantagem competitiva derivada de sua perfeição. Os instrumentos exossomáticos tornam-se direitos de propriedade escassos que restringem o acesso a produção social e se tornam a base da desigualdade entre os vários membros da espécie humana, bem como entre as diferentes comunidades. Segundo Georgescu-Reogen (1971, p. 308), “a distribuição do rendimento comunitário – o rendimento sendo entendido como uma coordenada composta de rendimento real e tempo de lazer – tornou-se assim um problema social, cuja importância nunca deixou de crescer”.

Dessa maneira, o processo econômico consiste em uma transformação contínua e irrevogável da fonte mais abundante de baixa entropia para a menos abundante. Sendo a evolução

irrevogável, os passos não podem ser refeitos na história. Por outro lado, a evolução e incerteza dos instrumentos exossomáticos criam tipos de produção e organização social, conceitos de propriedade, modelos de contratos monetários, formas de moeda sancionadas pela sociedade e garantidos pelo Estado. Assim sendo, a mudança nas formas e maneiras de buscar a baixa entropia provoca mudanças nos hábitos e nas convenções sociais. Além disso, a evolução dos instrumentos exossomáticos servem de base para as políticas econômicas e os planos de longo prazo dos governos.

Nessa circunstância, há, outra razão pela qual o conflito entre os indivíduos sobre a sua parte no rendimento social precipita inevitavelmente um conflito de classes em qualquer sociedade. A produção e a organização social requerem uma categoria específica de serviços sem a qual não poderão funcionar. Esta categoria compreende os serviços de supervisores, coordenadores, tomadores de decisão, legisladores, pregadores, professores, jornalistas e assim por diante. O que distingue estes serviços é que não possuem uma medida objetiva como estes últimos (GEORGESCU-ROEGEN, 1971).

De tempos em tempos, os ocupantes da burocracia estatal e a racionalização dos seus privilégios mudam. Cada elite inspira uma nova mitologia sociopolítica pela qual a nova situação é interpretada de acordo com a ocasião. Cada elite desempenha um trabalho útil cuja natureza deriva da evolução exossomática da humanidade e é continuamente alterada por ela (GEORGESCU-ROEGEN, 1971).

Mais especificamente, com relação a mitologia sociopolítica, Georgescu-Roegen (1971, p. 157) adverte que nos planos de longo prazo dos governos, “a coordenada social da distribuição do rendimento é hoje em dia completamente obliterada pela categoria insípida da “procura final” [demanda efetiva]”.

Assim sendo, o processo de classificação de forma imaginária da baixa entropia pelos planos de longo prazo dos governos com o propósito de manter a entropia intacta e preservar a vida da sociedade revelam que “que os atuais planos econômicos conduzem a um excesso de capacidade da indústria pesada, mas também que muitos deles visam fornecer luxos extravagantes em vez de bens salariais e, ainda assim, menos, para diminuir a fome” (GEORGESCU-ROEGEN, 1971, p. 275).

Por fim, à medida que evoluem os instrumentos exossomáticos e a sociedade muda a maneira e os meios de produção, elas necessariamente mudam também os seus hábitos e suas convenções sociais. Durante a evolução dos instrumentos exossomáticos, surgem novas ligações e relações entre as classes, que assumem novas posições de acordo com seu poder econômico e físico e que estão sujeitas às leis arbitrárias e de novos valores sociais e políticos.

4. Considerações Finais

A complexidade e o caráter disruptivo das suas ideias, a sua visão do processo econômico como um processo entrópico, baseado nas leis da termodinâmica e, portanto, na contramão do *mainstream* da Ciência Econômica, cujos modelos estão sustentados na física mecânica, são alguns dos elementos que ajudam a explicar a pouca adesão e estudo a obra de Georgescu-Roegen.

Contudo, os intensos e recorrentes acontecimentos climáticos da atualidade têm mostrado que os impactos do modelo econômico produtivo em voga são irreversíveis e extremamente danosos para o Planeta. Desse modo, as ideias e proposições de Georgescu-Roegen têm se mostrado fundamentais para compreensão dos fenômenos econômicos, sociais e ambientais da atualidade, o que, justifica o interesse em compreender a sua obra de forma mais aprofundada.

Nesse sentido, esse trabalho ao propor um modelo analítico do processo de desenvolvimento econômico em termos de transformação de entropia pretendeu contribuir para tornar o pensamento de Georgescu-Roegen mais acessível e, assim, espera-se que este modelo possa auxiliar na investigação do papel da troca, da produção, da estrutura de taxaço e da distribuição de renda sobre a determinação do nível de preço e seus efeitos sobre o emprego e o meio ambiente em uma economia monetária de produção dependente de recursos naturais finitos.

Referências

- BECK, U. The metamorphosis of the world: How climate change is transforming our concept of the world. John Wiley & Sons. 2016; 5(3):177-179.
- BOBULESCU, R. The original time approach of Georgescu-Roegen. *Oeconomia* 7(1): 87–109, 2017.
- COMMONS, J. R. **Legal Foundations of Capitalism**. New York: The Macmillan Company, 1924.
- COMMONS, J. R. Reasonable Value, 1925. In: SAMUELS, W. J. (Org.). **Research in the History of Economic Thought and Methodology**. Bingley, UK: Emerald, 2008, p. 239-307. v. 26-B.
- COMMONS, J. R. **Institutional Economics: Its Place in Political Economy**. Madison: University of Wisconsin Press, 1934.
- GEORGESCU-ROEGEN, N. **The Entropy Law and Economic Process**. Harvard Paperback, 1971.
- GEORGESCU-ROEGEN, N. **Energy and economic myths. Institutional and analytical economic essays**. New York: Pergamon Press, 1976
- GEORGESCU-ROEGEN, N. **The interplay Between Institutional and Material Factors: The Problem and Its Status**. In: J. A. Kregel, Egon Matzner, Alessandro Roncaglia (eds.). *Barriers to Full Employment*, London; Macmillan, 1988.
- GEORGESCU-ROEGEN, N. **O decrescimento: entropia, ecologia, economia**. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2012
- KEYNES, J. M. **A Treatise on Money: the pure theory of money**. The Collected Writings of John Maynard Keynes, v. V. London: Royal Economic Society, 1971.
- LOTKA, A. J. **Elements of Physical Biology**. Williams and Wilkins Company, Baltimore, 1925.
- MACHADO I. L.O, GARRAFA V. **Proteção ao meio ambiente e às gerações futuras: desdobramentos e reflexões bioéticas**. *Saúde debate* [Internet]. 2020. [Citado em: 26 Jul de 2024] 44(124): 263-274. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/sdeb/a/qwqC4w64RTNh7PJDQHggdNF/?format=pdf&lang=pt>

PARISI, C.; RONZON, T. **A global view of bio-based industries: benchmarking and monitoring their economic importance and future developments**. EU Science HUB, 2016. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/profile/](https://www.researchgate.net/profile/Justus_Wesseler/publication/316098423_Measuring_the_EU_Bio-based_Economy_some_methodological_issues/links/591dd46da6fdcc233fcea9ac/Measuring-the-EU-Bio-based-Economy-some-methodological-issues.pdf)

Justus_Wesseler/publication/316098423_Measuring_the_EU_Bio-based_Economy_some_methodological_issues/links/591dd46da6fdcc233fcea9ac/ Measuring-the-EU-Bio-based-Economy-some-methodological-issues.pdf>. Acesso em: 26 jul. 2024.

ROBINSON, J. **Time in Economics**. *Kyklos*, 33(2): 219-229, 1980.

SHACKLE, G. L. S. **Time in Economics**. Amsterdam: North-Holland Publishing Company, 1967

VEBLER, T.B. The Instinct of Workmanship and the Irksomeness of Labor. **American Journal of Sociology**, v. 4, n. 2, p. 187-201, Sep., 1898.

VEBLER, T.B. **The Theory of the Leisure Class**. New York: The Modern Library, 1934.

VEBLER, T.B. **The Instinct of Workmanship, and the State of the Industrial Arts**. New York: The Macmillan Company, 1914.

VEBLER, T.B. **The place of science in modern civilization and other essays**. New York: Huebsch, 1919.

VEBLER, T.B. **The Higher Learning in America**. New York: Sagamore Press, 1957.