



Parcerias Estratégicas

Volume 23 - Número 46 - Junho 2018

Contribuições do CGEE para o SNCTI

- Proposta de abordagem para a detecção de sinais fracos
- Uma ontologia sobre avaliação para o CGEE
- O Sistema de Inovação Tecnológica da agro-energia da cana-de-açúcar no Brasil – da sua gênese à transição agroecológica atual

Ciência da Informação

- Fundamentos da Teoria do Conhecimento aplicados ao desenvolvimento científico e tecnológico do País

Ciências ambientais

- A evolução dos bolsistas de produtividade e de desenvolvimento tecnológico do CNPq: um estudo de caso para Ciências Ambientais
- Histórico de impactos ambientais e o Estado-da-Arte em Oceanografia no sistema estuarino-lagunar de Suape-Ipojuca (PE)
- Análise dos componentes da fração arenosa como indicadores ambientais no sistema costeiro associado ao Complexo Industrial Portuário de Suape (PE)

Memória

- Secas no Nordeste: registros históricos das catástrofes econômicas e humanas do século 16 ao século 21

Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
Ciência, Tecnologia e Inovação

O Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) edita publicações sobre diversas temáticas que impactam a agenda do Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (SNCTI).

As edições são alinhadas à missão institucional do Centro de subsidiar os processos de tomada de decisão em temas relacionados à ciência, tecnologia e inovação, por meio de estudos em prospecção e avaliação estratégica baseados em ampla articulação com especialistas e instituições do SNCTI.

As publicações trazem resultados de alguns dos principais trabalhos desenvolvidos pelo Centro, dentro de abordagens como produção de alimentos, formação de recursos humanos, sustentabilidade e energia. Todas estão disponíveis gratuitamente para *download*.

A instituição também produz, semestralmente, a revista Parcerias Estratégicas, que apresenta contribuições de atores do SNCTI para o fortalecimento da área no País.

Você está recebendo uma dessas publicações, mas pode ter acesso a todo o acervo do Centro pelo nosso site: <http://www.cgEE.org.br>.

Boa leitura!

Parcerias Estratégicas

v. 23, n. 46, junho de 2018, Brasília-DF

ISSN 1413-9375

Parc. Estrat. | Brasília - DF | v. 23 | n. 46 | p. 212 | jan-jun 2018

Parcerias Estratégicas – v.23 – n.46 – junho de 2018

A revista Parcerias Estratégicas é publicada semestralmente pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) e tem por linha editorial divulgar e debater temas nas áreas de ciência, tecnologia e inovação (CT&I). Distribuição gratuita. Disponível eletronicamente em: <http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias_estrategicas>.

Edição

Maisa Cardoso
Marianna Nascimento
Bianca Torreão

Conselho editorial

Adriano Batista Dias (Fundaj)
Eduardo Baumgratz Viotti (Consultor)
Evando Mirra de Paula e Silva (CGEE)
Gilda Massari (S&G Gestão Tecnológica e Ambiental/RJ)
Ricardo Bielschowsky (Cepal)
Ronaldo Mota Sardenberg (Consultor)

Projeto gráfico

Núcleo de Design Gráfico do CGEE

Capa

Eduardo Oliveira

Infográficos

César Felipe Daher

Diagramação

Diogo Moraes

Tradução e revisão de *abstracts e keywords*

Gustavo Lima Barcellos

Endereço para correspondência

SCS Q. 9, Lote C, Torre C, salas 401 a 405, Ed. Parque Cidade
Corporate, Brasília DF, CEP 70308-200, telefone: (61) 3424-9600,
E-mail: editoria@cgee.org.br

Indexada em: Latindex; EBSCO publishing; bibliotecas internacionais das instituições: Michigan University, Maryland University; Université du Québec; Swinburne University of Technology; Delaware State University; National Defense University; San Jose State University; University of Wisconsin-Whitewater; Qualis/Capes.

Parcerias Estratégicas / Centro de Gestão e Estudos Estratégicos – Vol. 1, n.1 (maio 1996) • Brasília: CGEE, 2002–

Semestral

De 1996 a 2001 editada pelo Centro de Estudos Estratégicos (CEE/MCT).

ISSN1413-9375

1. Ciência e Tecnologia – Periódicos 2. Inovação tecnológica – Brasil I. CGEE.

CDU 323.6(81)(05)

O Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) é uma associação civil sem fins lucrativos e de interesse público, qualificada como Organização Social pelo executivo brasileiro, sob a supervisão do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC). Constitui-se em instituição de referência para o suporte contínuo aos processos de tomada de decisão sobre políticas e programas de ciência, tecnologia e inovação (CT&I). A atuação do Centro está concentrada nas áreas de prospecção, avaliação estratégica, informação e difusão do conhecimento.

Presidente

Marcio de Miranda Santos

Diretores

Gerson Gomes
Regina Maria Silverio

Conselho de Administração CGEE

Membros natos

Evando Mirra de Paula e Silva – Presidente do Conselho (falecido em 15/06/18)
Abílio Afonso Baeta Neves – MEC
Alysson Paolinelli – CNA
Celio Cabral de Sousa Junior – Sebrae
Pedro Moes Iootty de Paiva – BNDES
Marcos Cintra Cavalcanti de Albuquerque – Finep
Marcos Vinicius de Souza – MDIC
Mario Neto Borges – CNPq
Rafael Esmeraldo Lucchesi – CNI
Rogério Cézar de Cerqueira Leite – MCTIC

Membros eleitos

Guilherme Ary Plonski - Representante dos associados
Jean Carlo Vogel – Consecti
Alexandre Batalha Chrocratt de Sá Jacobs – Anprotec
José Antonio Bof Buffon – Confap
José Fernando Perez - Representante do empresariado nacional
Joviles Vitorio Trevisol – Foprop
Júlio Cesar Felix – Abipti
Nelson de Chueri Karam – Dieese
Humberto Luiz de Rodrigues Pereira – Anpei

Esta edição da revista Parcerias Estratégicas é parte integrante das atividades desenvolvidas pelo CGEE no âmbito do 2º Contrato de Gestão firmado com o MCTIC.

Parcerias Estratégicas não se responsabiliza por ideias emitidas em artigos assinados. São permitidos a reprodução e o armazenamento dos textos, desde que citada a fonte.

Tiragem: 600 unidades. Impresso em 2018. Coronário Editora e Gráfica Ltda.

Sumário

05 Aos leitores

Seção 1

Contribuições do CGEE para o SNCTI

09 Proposta de abordagem para a detecção de sinais fracos
Eduardo Amadeu Dutra Moresi

29 Uma ontologia sobre avaliação para o CGEE
Carlson Batista de Oliveira, Adriana Badaró de Carvalho Villela, Mayra Juruá, Sofia Daher

49 Sistema de Inovação Tecnológica da agroenergia da cana-de-açúcar no Brasil – da sua gênese à transição agroecológica atual
Edouard Lankriet, Marcelo Poppe

Seção 2

Ciência da informação

91 Fundamentos da Teoria do Conhecimento aplicados ao desenvolvimento científico e tecnológico do País
Milton Pombo da Paz, João Maurício Rosário

Seção 3

Ciências ambientais

135 A evolução dos bolsistas de produtividade e de desenvolvimento tecnológico do CNPq: um estudo de caso para Ciências Ambientais
Ana Cláudia de Souza Mota, Cristiano Alves da Silva Júnior, Jackson Max Furtunato Maia, Alerino dos Reis e Silva Filho, José Cláudio Del Pino

155 Histórico de impactos ambientais e o estado da arte em Oceanografia no sistema estuarino-lagunar de Suape-Ipojuca (PE)

Roberto Lima Barcellos, Luciana Dantas dos Santos

169 Análise dos componentes da fração arenosa como indicadores ambientais no sistema costeiro associado ao Complexo Industrial Portuário de Suape (PE)

Roberto Lima Barcellos, Luciana Dantas dos Santos, Taiana Regina Silva de Oliveira, Thaís de Santana Oliveira, Jéssica Cristina Amorim da Silva

Seção 4 **Memória**

191 Secas no Nordeste: registros históricos das catástrofes econômicas e humanas do século 16 ao século 21

José Roberto de Lima, Antonio Rocha Magalhães

Aos leitores

A edição de número 46 da Revista Parcerias Estratégicas reúne, em sua primeira seção, artigos com contribuições do Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) ao Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (SNCTI). Os trabalhos analisam os temas *Proposta de abordagem para a detecção de sinais fracos*; *Uma ontologia sobre inovação para o CGEE*; e *O Sistema de Inovação Tecnológica da agro-energia da cana-de-açúcar no Brasil – da sua gênese à transição agro-ecológica atual*.

O segundo bloco da revista traz um artigo sobre a área de Ciência da Informação. O texto introduz conceitos da Epistemologia, Fenomenologia, Semiologia, Ontologia, Teoria da Informação, Cibernética e Teoria Geral dos Sistemas; e fundamentos que orientam a representação do conhecimento implícito aos diversos sistemas existentes, em especial o de Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I).

A terceira seção da revista é composta por artigos sobre a temática Ciências Ambientais. O primeiro deles traz os resultados de uma caracterização da evolução da concessão de bolsas de Produtividade em Pesquisa (PQ) e de Desenvolvimento Tecnológico (DT) no Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), em torno de um estudo de caso do Comitê Assessor de Ciências Ambientais.

Os outros dois artigos desse bloco têm como foco a área de Suape, em Pernambuco. O primeiro apresenta uma compilação de estudos ambientais sobre o sistema estuarino-lagunar local. O artigo seguinte analisa os componentes da fração arenosa como indicadores ambientais no sistema costeiro associado ao Complexo Industrial Portuário de Suape.

Para concluir, a sessão memória faz um balanço com os registros das secas no Brasil, que remontam aos primeiros séculos da colonização. O artigo aborda as reações governamentais na implementação de políticas públicas, desde a construção de barragens até ações voltadas ao paradigma da convivência com o Semiárido. O texto destaca, ainda, a evolução dos instrumentos destinados ao monitoramento, à previsão e ao alerta precoce de secas.

Boa leitura!

SEÇÃO 1

CONTRIBUIÇÕES DO CGEE PARA O SNCTI

Proposta de abordagem para a detecção de sinais fracos

Uma ontologia sobre avaliação para o CGEE

Sistema de Inovação Tecnológica da agroenergia da cana-de-açúcar no
Brasil – da sua gênese à transição agroecológica atual

Proposta de abordagem para a detecção de sinais fracos

Eduardo Amadeu Dutra Moresi¹

Resumo

Os desafios enfrentados por diversas organizações começam com a detecção dos sinais fracos, que são difíceis de ser percebidos e interpretados. Na análise de sinais fracos e na concepção de respostas viáveis deve-se considerar os conceitos de ambiente turbulento, descontinuidade e surpresa estratégica. O objetivo é apresentar a proposta de uma abordagem para a detecção e o tratamento de sinais fracos. As diversas abordagens, analisadas no referencial teórico, fundamentaram a proposta aqui descrita que compreende as seguintes etapas: identificação das necessidades de informação, coleta de informações, criação de sentido e sistematização. Conclui-se que a detecção de sinais fracos necessita de apoio de ferramentas que possibilitem o monitoramento de conteúdos oriundos de diversas fontes de informações.

Abstract

The challenges faced by various organizations begin with the detection of weak signals, which are difficult to perceive and interpret. In the analysis of weak signals and in the conception of viable answers one must consider the concepts of turbulent environment, discontinuity and strategic surprise. The objective is to present the proposal of an approach for the detection of weak signals and their treatment. The different approaches, analyzed in the theoretical framework, are the foundation for the proposal that includes the following steps: information needs identification, information gathering, sensemaking and systematization. It is concluded that the detection of weak signals requires the support of tools that allow the monitoring of contents from different information sources.

¹ Engenheiro eletrônico pelo Instituto Militar de Engenharia (IME) e doutor em Ciência da Informação pela Universidade de Brasília (UnB). Assessor técnico do Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) e professor do Programa de Mestrado e Doutorado em Educação da Universidade Católica de Brasília (UCB).

Palavras-chave: Sinais fracos. Coleta de informações. Criação de sentido.

Keywords: *Weak signals. Information gathering. Sensemaking.*

1. Introdução

Muitas vezes as organizações enfrentam mudanças no ambiente externo que afetam a sua atuação. Essas mudanças podem ser demográficas, sociais, políticas, regulatórias, novas tecnologias, entre outras evoluções ambientais que parecem emergir inesperadamente. Como identificar tais mudanças com antecedência e capitalizá-las? Os desafios enfrentados por diversas organizações públicas e privadas geralmente começam com a detecção de sinais fracos, que são difíceis de ser percebidos e interpretados, mas podem ser vitais para o sucesso ou a sobrevivência.

Na análise de sinais fracos e na concepção de respostas viáveis, Ansoff (1975) apresentou, pela primeira vez, os conceitos de ambiente turbulento, descontinuidade estratégica e surpresa estratégica. Ele enfatizou o fato de que as organizações têm que lidar com mudanças, algumas delas não necessariamente esperadas, o que caracteriza esse ambiente em transformação como turbulento. A descontinuidade estratégica significa que um desenvolvimento futuro mostra um desvio significativo em relação ao passado ou pela extrapolação de informações baseadas em eventos já ocorridos. Em princípio, tais descontinuidades podem ser antecipadas por técnicas de previsão.

Na prática, a antecipação muitas vezes falha e as organizações enfrentam eventos desconhecidos e ameaçadores, que são denominados de surpresas estratégicas. Sinais fracos são os primeiros sintomas de descontinuidades estratégicas, ou seja, evidências de possíveis mudanças no futuro, atuando como alerta ou a percepção de novas possibilidades (ANSOFF, 1984).

Quando um sinal fraco aparece pela primeira vez, a informação percebida é muito vaga: existe apenas uma sensação de ameaça ou oportunidade. Progressivamente, a informação aumenta, descrevendo a origem da ameaça ou oportunidade, suas características, as respostas necessárias e, finalmente, os resultados que podem ser esperados. O objetivo deste artigo é apresentar uma abordagem para a detecção e o tratamento de sinais fracos.

2. Sinais fracos

Ao longo das últimas décadas, o conceito de sinais fracos e seu respectivo uso em sistemas de monitoramento e inteligência vêm sendo pesquisados e difundidos com o foco de apoiar gestores a tomar decisões estratégicas em ambientes turbulentos e incertos (ANSOFF, 1975; 1984; JANISSEK-MUNIZ; LESCA; FREITAS, 2006; YOON, 2012; HOLOPAINEN; TOIVONEN, 2012).

O termo sinais fracos foi inicialmente utilizado na área militar, sendo difundido posteriormente em diversos domínios do conhecimento (CHOO, 2009), tais como: estudos focados na exploração do futuro; prevenção de catástrofes ou desastres naturais, na área de saúde e medicina; e estudos organizacionais nos campos de estratégia, gestão e sistemas de informação. Nessas áreas, há o consenso de que o objetivo do estudo de sinais fracos é se antecipar a eventos incertos, inesperados, com potencial de impacto significativo, visando preparar os gestores para decidir ou agir quando os mesmos ocorrerem.

A exploração de sinais fracos foi impulsionada, especialmente, pelos diversos momentos de crises e mudanças significativas, que causaram perdas, descontinuidades e prejuízos a diversos atores que não estavam atentos ou preparados para tais ocasiões. Os desastres ou as surpresas estratégicas frequentemente parecem acontecer repentinamente, com pouco ou nenhum aviso. Todavia, o que ocorre de fato é que esses eventos possuem um período de incubação, durante o qual alertas se acumulam evolutivamente (CHOO, 2009). Esses alertas, muitas vezes emitidos de forma involuntária, chamados de sinais fracos, carregam a possibilidade dos atores se prepararem melhor e antecipadamente para as ameaças e as oportunidades futuras (ANSOFF, 1975; 1984).

Embora haja um consenso sobre a importância estratégica dessas informações de alertas antecipados, há dificuldades inerentes à detecção desses sinais. As adversidades vão desde a percepção dos sinais fracos, passando pela sua interpretação, chegando ao emprego dessas informações para a tomada de decisão diante de ameaças e oportunidades.

O conceito de sinais fracos é usado amplamente na literatura de negócios, mas a definição exata do seu real significado ainda é difícil de encontrar. Normalmente, são vistos como informações sobre o potencial de mudança de um sistema para um estado ou direção desconhecido. A literatura de gestão de crises tem repetidamente observado o fato de que, muito antes de sua ocorrência, uma crise envia de forma repetida e persistente os sinais antecipados de alerta (MITROFF, 1988). De acordo com esse ponto de vista, o conceito de análise de sinal fraco é a informação sobre a probabilidade de eventos cuja possibilidade de ocorrência é estimada para

ser muito baixa, mas ao qual está ligada uma incerteza alta sobre o impacto desses eventos e as tendências que podem se desenvolver posteriormente, se for o caso.

Igor Ansoff foi um dos pioneiros a considerar o impacto da complexidade do ambiente operacional sobre as organizações. Ele estudou o comportamento estratégico das organizações em ambientes complexos e reconheceu as falhas de planejamento de longo prazo em um ambiente dinâmico. Ansoff criou um arcabouço conceitual abrangendo todo o processo de planejamento estratégico e capacidades, a fim de encontrar explicações mais adequadas para os gestores que lidam com descontinuidades e complexidades em suas organizações e em seus ambientes de negócios. De acordo com Ansoff (1984), o comportamento estratégico é o processo de interação com o ambiente. O principal objetivo da estratégia é posicionar e relacionar a empresa ao seu ambiente, acompanhado por um processo de adaptação de configurações e dinâmicas internas da organização como uma resposta em tempo real à mudança. Ele sugeriu que cada evento passa por uma sucessão de níveis de conhecimento (de sinal fraco para forte):

- primeira fase: normalmente, uma sensação de turbulência do ambiente é a mais precoce detecção do sinal, em que se espera que o ambiente externo ou interno gere novos sinais, mas será impossível identificar onde o evento importante emergirá;
- segunda fase: é aquela em que a fonte do evento é conhecida;
- terceira fase: o evento se concretiza.

Vários autores abordaram definições sobre sinais fracos, tais como: indicadores imprecisos e prematuros de um importante evento iminente (YOON, 2012); uma criativa inferência a partir de fragmentos de dados que se assume sugerir uma ligação, potencialmente significativa, relacionada a ideias emergentes (MENDONÇA; CARDOSO; CARAÇA, 2012); percepções de possíveis mudanças, essencialmente hipotéticas, dentro de um processo de construção de conhecimento socialmente relevante (ROSSEL, 2012); e fragmentos de informação que, à primeira vista, parecem ruídos de fundo, mas podem ser significativos, se vistos de outras perspectivas ou conectados com outras informações (SCHOEMAKER; DAY, 2009).

Ao se aprofundar na definição de sinais fracos, Lesca e Blanco (2002) elencaram diversos aspectos que os caracterizam, sendo detalhados posteriormente por Janissek-Muniz; Lesca; Freitas (2006) e Lesca; Lesca (2011). A Tabela 1 apresenta algumas características dos sinais fracos.

Tabela 1. Características dos sinais fracos

Natureza	Consequência para sua utilização
Antecipatória	Sinais fracos estão relacionados a eventos potenciais futuros que podem afetar a organização. Eles devem avisar aos gerentes com antecedência suficiente para que eles esbocem uma reação. Entretanto, cada sinal fraco não tem muito significado em si mesmo e é muito difícil relacioná-lo a decisões imediatas.
Qualidade	Sinais fracos não são números com registros ou extrapolações. Eles são relacionados a eventos potenciais que ainda não ocorreram e podem nunca ocorrer. Sinais fracos que nos alertam para o futuro podem não se constituir em dados quantitativos ou factuais.
Ambiguidade	Sinais fracos não são certas, mas sim pistas e traços de informação. Eles podem ser interpretados de diversas maneiras, sem que haja a possibilidade de se identificar a interpretação correta ou mesmo os que não podem ser interpretados. Por isso, não são fáceis de se capturar.
Fragmentação	Sinais fracos são apresentados em forma de fragmentos que foram pacientemente coletados por vários rastreadores ambientais. Separadamente, cada fragmento é insignificante e suspeito e sua significância só pode ser obtida por meio de um paciente processo de cruzamento de informações.
Diversidade de forma	Fragmentos de informação podem ser capturados em qualquer formato, tais como partes de diálogos, informação eletrônica, mensagens de conferências, dentre outros. Como não são homogêneas, sua exploração torna-se muito difícil.

Fonte: CASTRO; ABREU, 2006.

Para lidar com a complexidade e a dinâmica do ambiente externo, a organização necessita perceber com antecedência os sinais fracos de mudança (oportunidades ou ameaças), devendo monitorar constantemente o seu ambiente externo. Esta percepção será limitada ou amplificada pela qualidade dos métodos empregados na observação do ambiente externo. Todos os sistemas de monitoramento - conscientes ou inconscientes - têm alguns tipos de filtros (ANSOFF, 1984), que possibilitam a operacionalização de modelos mentais utilizados na avaliação de sinais fracos em uma organização, conforme apresentado na Figura 1. Ele descreve a construção desses filtros com três conceitos: filtro de vigilância, que inclui metodologias e técnicas de análise utilizadas na aquisição de informação; filtro mental, que se refere aos modelos mentais daqueles que irão interpretar as informações coletadas; e filtro capacitante, que por um lado representa os modelos mentais que influenciam uma organização, e por outro, será ativado quando um sinal fraco desafiar a estrutura de poder da organização.

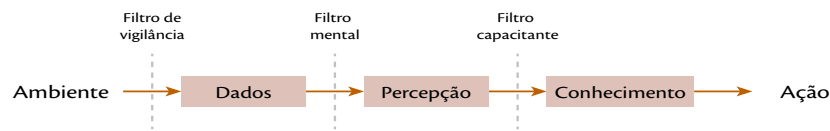


Figura 1. Filtros de monitoramento do ambiente externo (ANSOFF, 1984)

As organizações não são surpreendidas somente porque os gestores não percebem os sinais, mas porque ao percebê-los se precipitam na direção de uma conclusão plausível e mais conveniente (SCHOEMAKER; DAY, 2009). Tal inclinação se fundamenta em vieses cognitivos, tanto pessoais, quanto organizacionais. Há a necessidade dos gestores estarem conscientes das armadilhas que estão na base do julgamento e da compreensão humana como filtros, inferências distorcidas e reforço.

Os filtros induzem o indivíduo a prestar atenção somente no que se quer ver. Se algo não estiver condizente com o mapa mental do indivíduo, este distorce a realidade para fazê-la se adequar, ao invés de desafiar suas suposições fundamentais. Ansoff (1984) também destaca a importância de superar os filtros mentais com o intuito de se produzir sentido a partir de sinais fracos. Gestores, ao longo do tempo, acumulam sucessos e insucessos que geram convicções sobre o que funciona e o que não funciona. Deste conjunto de convicções desponta um modelo mental de sucesso que contém variáveis, relacionamentos entre estas variáveis, ações e decisões a serem tomadas para se atingir e manter o sucesso. Entretanto, este modelo mental se mantém válido, somente enquanto as variáveis, relacionamentos e/ou ambiente se mantiverem inalterados. Na iminência ou ocorrência de uma ruptura, um modelo mental histórico de sucesso pode se transformar em um obstáculo à adaptação à nova realidade. Outro elemento dos filtros mentais mencionado é a supressão, quando o indivíduo se recusa a reconhecer uma realidade porque é muito discordante ou desagradável (SCHOEMAKER; DAY, 2009).

Mesmo que um sinal fraco passe pelos filtros, ele ainda pode ser deturpado por inferências distorcidas. Um viés conhecido é quando se interpreta as evidências de modo a sustentar uma crença ou convicção desejada. Outro viés comum é o egocentrismo, que ocorre quando um indivíduo exagera, superestima o seu papel e/ou sua posição no ambiente.

O reforço acontece quando se procura somente informações, sinais ou evidências que confirmem o nosso próprio ponto de vista, como por exemplo, quando conversamos com pessoas que sabidamente concordam e apoiam nossa perspectiva. Com o passar do tempo o reforço pode deixar o indivíduo imune a evidências contraditórias. Uma armadilha de reforço é o viés retrospectivo, advindo das situações em que ao lembrarmos ou refletirmos sobre acontecimentos passados nos esquecemos das dificuldades, dúvidas, contradições, problemas, etc. (SCHOEMAKER; DAY, 2009).

Lesca e Lesca (2011) apontam diversos vieses cognitivos que, puros ou combinados, podem levar indivíduos a: formular poucas hipóteses e se contentar com a primeira que demonstrar racionalidade; limitar as fontes de informação àquelas que já se está acostumado; basear as previsões na exploração do passado, sem incorporar novos elementos que conduzam a

mudanças; considerar apenas informações tidas como confiáveis; ser avesso a novidades; não estar preparado para lidar com ambiguidade; ser inabilidoso para tolerar incertezas; e desconsiderar informações que não sejam consistentes com o conhecimento e as informações prévias.

Concomitantemente aos vieses individuais, os vieses organizacionais também são passíveis de consideração. De acordo com Schoemaker e Day (2009), análises estreitas, visões limitadas e, principalmente, falsos senso de consenso para não importunar o grupo, podem prejudicar também a criação de sentido. Há também os casos e as organizações onde as informações não fluem livremente, principalmente entre diferentes departamentos. Em grupos heterogêneos, as discussões provocadas pelos sinais fracos se propõem a externalizar e combinar conhecimentos e informações que, de outro modo, permaneceriam ocultos e desconectados. As sessões coletivas de criação de sentido podem resultar em desenvolvimento de consciência situacional, criação e testes de hipóteses, além do lançamento de novas consultas informacionais. A etapa subsequente do processo de exploração de sinais fracos é a disseminação destes resultados aos interessados.

A exploração dos sinais fracos se depara com uma série de desafios, tais como: coleta, criação de sentido, disseminação e uso. Detectar um sinal fraco é uma ação que exige persistência e oportunidade, além de atenção pró ativa e contínua. Algumas habilidades e características pessoais, estilo cognitivo e inteligência favorecem a coleta de sinais fracos. O modo como alguém percebe o mundo exterior, pensa, resolve problemas e processa informações influencia na coleta de sinais fracos. Hiltunen (2008) aponta que indivíduos atentos, criativos, independentes, sensíveis a imagens, sons e a mudanças, curiosos e receptivos, principalmente com relação a novidades e com visão holística contribuem intensamente para a detecção e seleção de sinais fracos.

Schoemaker, Day e Snyder (2013) apontam as redes de relações pessoais e interempresariais como uma fonte notável de sinais fracos, tais como fornecedores, parceiros, clientes, meio acadêmico, universidades, órgãos do governo, associações profissionais e empresariais, etc. Yoon (2012) indica jornais, revistas, websites, blogs, fóruns e redes sociais via internet, como fontes propícias à captação de sinais fracos.

Hiltunen (2008) aponta as dez boas fontes de sinais fracos mais citadas pelo grupo de entrevistados em sua pesquisa: cientistas/pesquisadores; futuristas; colegas; jornais acadêmicos e científicos; relatórios de institutos de pesquisa; consultores em outras áreas, além de futuros; revistas populares de ciências e economia; televisão/rádio; livros educacionais e científicos; e internet (páginas via web de empresas e organizações).

Em virtude do grande volume de dados brutos que se pode coletar, bem como de sua abrangência, vários autores (SCHOEMAKER; DAY; SNYDER, 2013; LESCA; LESCA, 2011;

MAYER *et al.*, 2013) propuseram o estabelecimento de um limite de observação, definindo áreas de monitoramento ou temas e atores que tenham poder de influenciar decisivamente o futuro de uma área do conhecimento. Mesmo escolhendo focos de atenção, usualmente se deixa em aberto a seleção de sinais fracos não relacionados às temáticas monitoradas, oportunizando assim, a detecção de algo completamente novo ou distinto das atividades atuais da organização.

Via de regra, políticas governamentais e regulação, fatores econômicos, sociais, tecnológicos, inovações e componentes do micro ambiente empresarial (competidores, clientes, fornecedores) compõem a área de monitoramento. Na pesquisa conduzida por Hiltunen (2008), alguns respondentes enfatizaram que não são as fontes de sinais fracos que são importantes e sim o processamento das informações, produzindo sentido através da intuição, sentimentos, imaginação e interação com outras pessoas. Portanto, de posse de informações, tipo sinal fraco, o próximo passo é a criação de sentido.

Alguns métodos, modelos e ferramentas que articulam e sistematizam as etapas do processo de exploração de sinais fracos, são apontados a seguir. Mayer *et al.* (2013) sugerem o uso de sistemas de informações “modernos” para superar os desafios do monitoramento estratégico do ambiente. Após limitar as áreas de monitoramento aos ambientes: *geral* (social, sustentabilidade, tecnológico, político, legal); *das atividades* (fornecedores, competidores, clientes); e *interno da empresa*, os autores supracitados prescrevem a seleção de indicadores que meçam o risco ou o benefício de um futuro em potencial, bem como suas fontes para coleta. Tais indicadores teriam uma abordagem híbrida, combinando modelos matemáticos e um método heurístico de construção de cenários baseado em sinais fracos.

Após a coleta de indicadores, o próximo passo seria avaliar o impacto para a organização de futuros potenciais, por meio da matriz de impacto e avaliação de especialistas. Com o intuito de integrar os resultados do processo de monitoramento do ambiente à tomada de decisões estratégicas, Mayer *et al.* (2013) propõem a construção de cenários interativos e a incorporação dos mesmos nos demais relatórios de mensuração e acompanhamento do desempenho da empresa.

Schoemaker, Day e Snyder (2013) posicionam o desenvolvimento e a análise de cenários como parte de um sistema de radar estratégico, cujo *input* seriam informações do tipo sinal fraco provenientes das redes de contatos e do ambiente da empresa. Eles defendem que a maioria dos empreendimentos não possui sistemas de monitoramento capazes de protegê-las contra ameaças e/ou beneficiá-las com oportunidades, especialmente em ambientes turbulentos, com crescente incerteza, mudanças e rupturas. As empresas, geralmente, monitoram só o óbvio:

consumidores e concorrentes conhecidos e habituais. Entretanto, as organizações deveriam focar também na visão periférica que inclui mercados remotos, novos competidores, tecnologias emergentes, novos modelos de negócio, etc.

De acordo com Shoemaker, Day e Snyder (2013) a construção de cenários com base em sinais fracos desafia a criação de sentido e estimula a superação de filtros mentais baseados em sucessos passados. O foco é qualitativo, não quantitativo. O objetivo não é previsão, e sim, explorar visões de mundo, exercitar narrativas de futuro possíveis. Os autores citados anteriormente avançam no desenho de um sistema de radar estratégico, integrando planejamento de cenários, análise de dados e *dashboards*, cujos principais propósitos são: monitorar sinais importantes do ambiente externo e ativar ajustes e respostas estratégicas e operacionais quando necessário. Tal sistema inicia com uma fase de configuração (revisão de cenários, identificação de fontes de informação e especialistas, definição do foco do radar, relatórios e formas de apresentação); pesquisa; e, posteriormente, monitoramento, análise e publicação dos resultados.

3. Proposta de abordagem para a detecção e tratamento de sinais fracos

As diversas abordagens, apresentadas no item anterior, fundamentaram a proposta preliminar para a detecção e o tratamento de sinais fracos, que compreende as seguintes etapas: identificação das necessidades de informação; coleta de informações; e criação de sentido e sistematização.

3.1. Identificação das necessidades de informação

O monitoramento de sinais fracos é orientado para a captação de dados e tem como objetivo a prospecção de indícios no ambiente externo que levem à identificação de oportunidades e ameaças. Uma vez coletadas, as informações serão avaliadas e tratadas segundo a sua utilidade para a organização. Um resultado indesejado da implementação do monitoramento da captação de sinais pode ser a geração de uma grande quantidade de informações com pouca ou nenhuma relevância. Por outro lado, a sua não implementação pode conduzir o tomador de decisão a uma situação de incapacidade de antecipação às surpresas estratégicas.

Nesse sentido, o monitoramento dos sinais fracos seguirá os seguintes passos:

- definição da área do conhecimento a ser observada, por exemplo: energia, mudanças climáticas, saúde, etc.;
- definição dos descritores da grande área, descendo a quantos níveis forem necessários, por exemplo: para energia elétrica, o próximo nível incluiria geração, transmissão e distribuição. Caso necessário, pode-se detalhar o próximo nível e assim por diante;
- definição do que será monitorado: organizações, pessoas, temas, tecnologias, etc.;
- planejar a coleta de informações, definindo as fontes de interesse (patentes, conteúdo noticioso ou artigos científicos), o horizonte temporal e outros atributos julgados pertinentes;
- utilizar a funcionalidade de taxonomia da InsightData para estruturar o monitoramento temático ou de entidades nomeadas, distinguindo o tipo de fonte: conteúdo noticioso, patente ou artigo científico; e
- utilizar as funcionalidades de entidades nomeadas, extração de n-gramas, crescimento de termos e expressões chave para a construção da taxonomia.

Tyson (2010) recomenda que uma vez compreendido claramente quais são as necessidades de informação e que tipo de inteligência deve ser entregue, deve-se desenvolver um plano sistemático de coleta de informações que inclua: que fontes de informação, publicadas ou não, devem ser consultadas (jornais, revistas, websites, relatórios externos, estatísticas, documentos do governo, publicações acadêmicas, bases de dados, funcionários da empresa, especialistas externos, dentre outros); que informações específicas devem ser localizadas nestas fontes, ou seja, saber *a priori* exatamente o que se está procurando; com que periodicidade estas fontes devem ser acionadas; quem (ou qual tecnologia) será responsável por fazê-lo.

Portanto, nesta etapa será feito o planejamento de como o monitoramento de sinais fracos será executado para orientar a coleta de informações.

3.2. Coleta de informações

A etapa de coleta de informações é definida como sendo a parte do processo que realizará a obtenção da matéria-prima que será transformada em inteligência, ou seja, as informações

(KAHANER, 1996). A coleta deve ser sistemática e contínua. Ele propõe a classificação das informações em dois tipos distintos:

- informações primárias são aquelas que não sofreram qualquer seleção ou alteração por terceiros e estão no mesmo estado no qual foram disponibilizadas pelas suas fontes, incluindo os relatos de clientes, os dados publicados pelo governo, os discursos gravados na íntegra, entrevistas, dentre outros;
- informações secundárias são aquelas que sofreram algum tipo de alteração a partir de suas fontes e incluem notícias de jornal, revistas, programas de televisão, teses e artigos acadêmicos, dentre outros.

O autor oferece, ainda, mais uma estrutura de classificação de informações:

- informações públicas são aquelas que podem ser obtidas por qualquer um que as procure, como, por exemplo, notícias de jornal, dados disponibilizados pelo governo, informações produzidas por associações comerciais, dados disponíveis na Internet, etc;
- informações não-públicas são aquelas que não estão publicamente disponíveis. Isso não significa que seu conteúdo seja confidencial, mas que é preciso ser um pouco mais persistente e criativo para localizá-las. As melhores fontes de informações não públicas são as pessoas que possuem contato com a organização e com o ambiente onde essa organização se encontra. Esta deve ser a rede de inteligência da organização, que incluirá não somente os próprios colaboradores internos, mas também pessoas externas tais como consultores, pesquisadores, entidades do Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação, dentre outros.

Para a coleta de informações secundárias, o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) desenvolveu a InsightData, que é uma ferramenta de monitoramento, coleta e análise de informações textuais. As informações secundárias e públicas coletadas pela InsightData se dividem em três tipos: patentes que são coletadas por meio de agentes de captura que fazem a recuperação, a indexação e o armazenamento dos documentos; conteúdo noticioso que é coletado de fontes nacionais e internacionais; artigos científicos que são recuperados das bases Scopus e Web of Science. A Figura 2 apresenta um exemplo de uso da InsightData para a recuperação de conteúdo noticioso.



Figura 2. Recuperação de conteúdo noticioso usando a InsightData

Também há a possibilidade de coletar outros tipos de informações secundárias e públicas não listadas acima, tais como relatórios e publicações especializadas do setor, relatórios de pesquisas, etc. Essas informações poderão ser inseridas na InsightData via API.

As informações primárias e públicas poderão ser coletadas por agentes de captura ou diretamente na fonte, de forma similar ao relatado anteriormente para as fontes secundárias e públicas. Contudo, as fontes primárias e não públicas serão muito importantes na criação de sentido. Para a coleta desse tipo de informações, o CGEE desenvolveu a InsightSurvey, que é uma ferramenta de consulta estruturada.

Mais uma alternativa para a coleta de informações primárias e públicas é a realização de painel de especialistas, que constitui uma forma interessante de obter percepções desse público. Os painéis têm a vantagem de permitir uma grande interação entre os participantes e de garantir uma representatividade mais equilibrada de todos os segmentos interessados: empresas, academia, terceiro setor, governo. Os painéis servem aos propósitos de investigar e estudar os temas determinados e de elaborar conclusões e recomendações. Devem, ainda, ter a mesma integridade e conduta de outros estudos científicos e técnicos, buscando o consenso, mas não a ponto de eliminar todas as discordâncias.

3.3. Criação de sentido e sistematização

Esta é a etapa de interpretação das informações, de criação de sentido para a detecção de sinais fracos e de sistematização. A identificação de ameaças e oportunidades a partir de sinais obtidos do ambiente requer um processo heurístico para interpretação. Como as informações são fragmentadas e insuficientes, a criação de sentido deve ser encarada como um processo de montagem de um quebra-cabeça. As partes ausentes do quebra-cabeça deverão ser preenchidas por meio de um processo de interação entre o conhecimento coletivo (do grupo de pessoas) e as informações disponíveis (os sinais fracos coletados no ambiente).

A criação de sentido é o processo pelo qual as organizações e os indivíduos trabalham as incertezas, as ambiguidades, as mudanças e as situações problemáticas, gerando inferências e novas situações, resultando ou não em ações que levem à solução dos problemas e à estabilidade do ambiente. O principal é que haja sentido no sinal identificado e que ele seja plausível para os envolvidos (WEICK, 1995). Este processo possui sete propriedades:

1. Sinais: são vistos e extraídos do ambiente para uma contextualização dentro de modelos mentais, crenças pessoais, regras, procedimentos e outros fatores. Esse seria o momento inicial do processo. Weick (1995) rejeitou a palavra interpretação, pois, para ele, isso significaria a tradução e o enquadramento do sinal, mas o caso é de invenção do significado;
2. Identidade: a criação de sentido ocorre pela identificação de um evento, à primeira vista inexplicável, que pode se enquadrar em poucas opções, pois os conceitos e as características pessoais influenciam e limitam essa visão;
3. Retrospecção: o presente é sempre baseado nas experiências passadas, no conhecimento tácito, inclusive decisões passadas na adaptação de planos e objetivos. Para tornar o abstrato em concreto, muitas vezes as pessoas agem e depois tentam identificar a razão para suas ações, principalmente se o resultado for negativo, o que é explicado pela teoria da dissonância cognitiva;
4. Representação: a criação de sentido é baseada na construção de uma realidade pela designação de autoridade a eventos ou sinais dentro de um contexto específico, gerando, assim, uma representação da realidade;

5. Social: como o sentido é criado, e não descoberto, o compartilhamento de significado e conhecimento envolve conversas entre as pessoas. Os decisores podem ter uma visão mais completa e abrangente do problema e do contexto, já que cada pessoa tem a sua própria especialização, evitando vieses e heurísticas individuais, predatórias à solução;
6. Contínuo: o processo de criação de sentido tem como premissa o refinamento do entendimento pelas ações tomadas e a restauração do equilíbrio de forma contínua dentro de um contexto, de forma dinâmica. Pode-se dizer que as ações são tratadas como um ciclo mais do que são tomadas de forma linear (WEICK; SUTCLIFFE; OBSTFELD, 2005);
7. Plausibilidade: o resultado esperado é um significado aceitável, e não a verdade. Assim, pode-se avaliar melhor e continuar a observar o ambiente e o sinal até que se tenha uma situação consistente para agir.

A criação de sentido começa quando algum sinal ou mudança no ambiente organizacional é percebido. Essa informação pode ser identificada de várias formas, como por um processo de busca, coleta e agrupamento ou pelo recebimento oral de uma fonte confiável.

Reunir informações não significa que a organização terá acesso a todas elas (ZACK, 1999); algumas vezes isso pode causar o excesso, que também pode levar à ignorância. Esse autor definiu que, no processo de conhecimento, há vários tipos de ignorâncias organizacionais, às quais devem ser aplicadas estratégias distintas de soluções. Uma delas é obter mais informações ou mais conhecimento para poder identificar o significado. A outra se refere ao processo de restrição, quando se têm muitas informações. Como mostrado na Figura 3, o autor as categorizou da seguinte forma:

- Incerteza: quando não há informações suficientes para descrever ou prever o futuro. Essa incerteza pode variar conforme o conhecimento da sua probabilidade, ou seja, certo (que não cabe neste caso), conhecida (risco), estimada com algum grau de confiança (probabilidade subjetiva), desconhecida e indefinida (completamente incerto). Há duas maneiras de lidar com essa situação: buscar mais informações ou mais conhecimento para tratá-las;
- Ambiguidade: quando falta um modelo conceitual para interpretar a informação, gerando inabilidade para interpretar ou dar sentido à situação, isto é identificar o problema ou a sua causa. Nesse caso, a estratégia é obter mais conhecimentos para resolver a situação, o que pode ser feito por ciclos coletivos de interpretação, explanação e consenso;

- Complexidade: quando existem muitos elementos interligados (variáveis, soluções e métodos) que devem ser entendidos. Enquanto novatos irão avaliar item a item, pessoas mais experientes – os especialistas – ou um grupo de pessoas podem ter uma visão mais completa, o que pode ser um diferencial competitivo;
- Equivocidade: quando há vários modelos conceituais, inclusive contraditórios, nos quais a informação pode se enquadrar. Normalmente, isso é gerado por causa da múltipla interpretação da situação, por se enquadrarem em vários critérios, que podem ter significados conflituosos entre as áreas. Assim como para a ambiguidade, a estratégia é ter ciclos coletivos de entendimento até se chegar à melhor alternativa, dirimindo os conflitos.

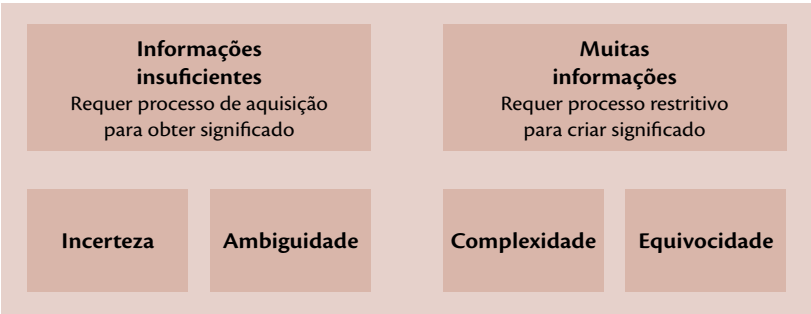


Figura 3. Tipos de ignorância organizacional (ZACK, 1999)

A InsightData pode auxiliar a criação de sentido no processamento de grandes volumes de informações textuais oriundas de patentes, conteúdo noticioso, artigos científicos ou de outras fontes textuais. A Figura 4 apresenta um exemplo para a área de geração de energia, contendo a representação temática de 272.168 artigos sobre geração de energia. O primeiro nível possui as seguintes categorias: eólica, solar, oceanos, hidroeletricidade, térmica renovável e não renovável, hidrogênio – célula e combustível, nuclear, sistemas híbridos de geração de eletricidade, armazenamento de energia, Organização & Métodos.

Outra possibilidade é utilizar o crescimento de termos, como mostrado na Figura 5. Essa funcionalidade permite observar a evolução de palavras-chave por mês ou por ano, sendo que, em cada ponto, é possível verificar o quantitativo de documentos. Caso seja necessária a análise utilizando outra ferramenta, a InsightData permite a exportação em formatos XML e Gephi.

Após a obtenção das visualizações acima, o passo seguinte é a interpretação por especialistas ou a criação coletiva de sentido. Em ambos os casos, a ferramenta InsightData auxilia a navegação e a exploração de grandes volumes de informações textuais.

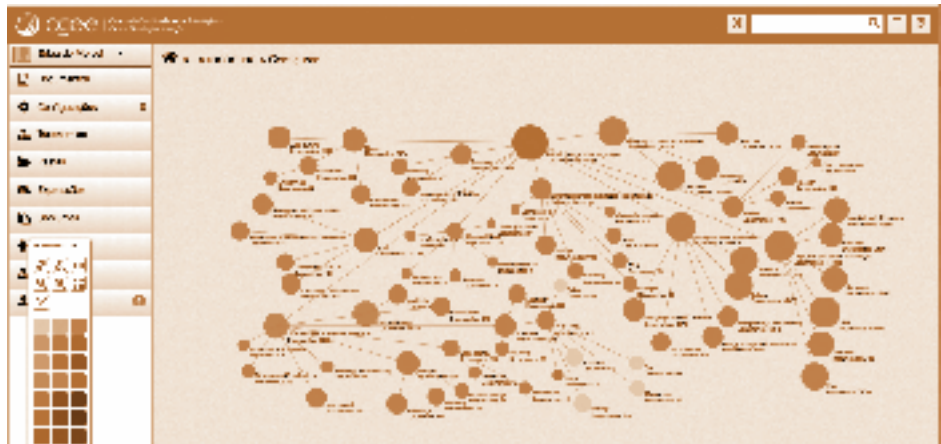


Figura 4. Representação temática de artigos científicos sobre geração de energia

4. Conclusão

O objetivo deste estudo foi apresentar uma abordagem para a detecção e o tratamento de sinais fracos. A proposta sugere o emprego da InsightData, que é uma ferramenta de monitoramento e análise de informações textuais.

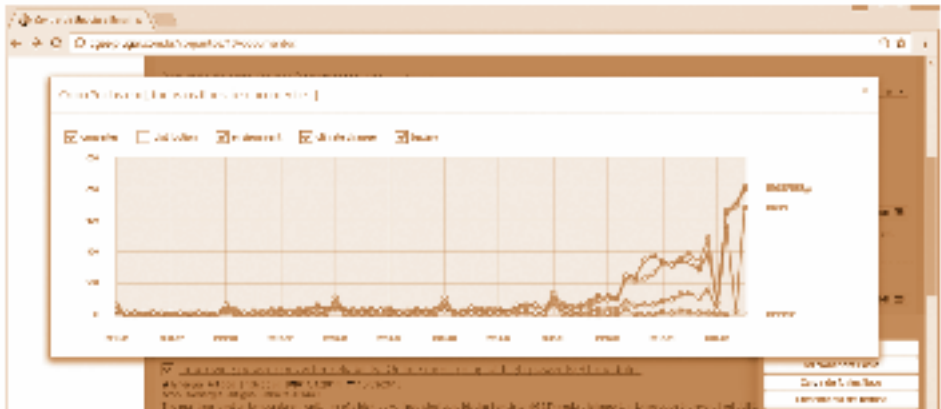


Figura 5. Gráfico de crescimento de termos

A abordagem proposta para a detecção e o tratamento de sinais fracos, ainda em sua versão preliminar, terá as seguintes etapas:

- identificação das necessidades de informação, compreendendo a definição da área do conhecimento a ser observada e de seus descritores, descendo a quantos níveis forem necessários para o detalhamento do escopo; a definição do que será monitorado (organizações, pessoas, temas, tecnologias, etc.); o planejamento da coleta de informações, definindo as fontes de informações de interesse (patentes, conteúdo noticioso ou artigos científicos); o horizonte temporal e outros atributos julgados pertinentes; uso de funcionalidades da InsightData para estruturar o monitoramento temático ou de entidades nomeadas, distinguindo o tipo de fonte (conteúdo noticioso, patente ou artigo científico);
- coleta de informações, incluindo a reunião de informações públicas primárias e secundárias;
- criação de sentido e sistematização: as informações coletadas, muita vezes fragmentadas e insuficientes, passarão por um processo de análise para a criação de sentido, como na montagem de um quebra-cabeça. As partes ausentes desse mosaico informacional deverão ser preenchidas por meio de um processo de interação entre o conhecimento coletivo (do grupo de pessoas) e as informações disponíveis (os sinais fracos coletados no ambiente). A criação de sentido e a sistematização serão apoiadas por funcionalidades da InsightData, por meio de suas funcionalidades de taxonomia, extração de entidades nomeadas, extração de expressões-chave e crescimento de termos.

Conclui-se que a detecção de sinais fracos necessita de apoio de ferramentas que possibilitem o monitoramento de conteúdos oriundos de diversas fontes de informações. A estruturação de expressões de busca, que oriente a captura de conteúdo noticioso, amplia a capacidade de monitoramento. Funcionalidades como crescimento de termos, análise de similaridade, extração de palavras-chave e de entidades nomeadas, também serão úteis para a detecção e o tratamento de sinais fracos. Como prosseguimento do estudo, sugere-se que o emprego da abordagem irá gerar evidências de cada etapa visando os ajustes para o seu aperfeiçoamento.

Referências

ANSOFF, H.I. Managing strategic surprise by response to weak signals. **California Management Review**, v. 18, n. 2, p. 21-33, winter 1975.

_____. **Implanting strategic management**. Englewood Cliffs: Prentice Hall International, 1984.

CASTRO, J.M.; ABREU, P.G.F. Influência da Inteligência competitiva em processos decisórios no ciclo de vida das organizações. **Ciência da Informação**, v. 35, n. 3, p. 15-29, 2006.

CHOO, C.W. Information use and early warnings effectiveness: perspectives and prospects. **Journal of the American Society for Information Science and Techonology**, v. 60, n. 5, p. 1071-1082, 2009.

HILTUNEN, E. Good sources of weak signals: a global study of where futurists look or weak signals. **Journal of Futures Studies**, v. 12, n. 4, p. 21-44, mai. 2008.

HOLOPAINEN, M.; TOIVONEN, M. Weak signals: Ansoff today. **Futures**, v. 44, n. 3, p. 198-205, 2012.

JANISSEK-MUNIZ, R.; LESCA, H.; FREITAS, H. Inteligência estratégica antecipativa e coletiva para tomada de decisão. **Organizações em contexto**, v. 2, n. 4, p. 92-118, 2006.

KAHANER, L. **Competitive Intelligence**: how to gather, analyze and use information to move your business to the top. New York: Simon & Schuter, 1996.

LESCA, H.; BLANCO, S. Contribution à la capacité d'anticipation des entreprises par la sensibilisation aux signaux faibles. In: CONGRÈS CIFPME 2002, **Actes du 6eme Congrès International Francophone sur la PME**, HEC Montréal (Québec). 2002.

LESCA, H.; LESCA, N. **Weak signals for strategic intelligence anticipation tool for managers**. London: ISTE; Hoboken: Wiley, 2011.

MAYER, J. H.; STEINECKE, N.; QUICK, R.; WEITZEL, T. More applicable environmental scanning systems leveraging "modern" information systems. **Information Systems and e-Business Management**, v. 11, n. 4, p. 507-540, dez. 2013.

MENDONÇA, S.; CARDOSO, G.; CARAÇA, J. The strategic strength of weak signal analysis. **Futures**, v. 44, n. 3, p. 218-228, abr. 2012.

MITROFF, I. I. Crisis management: Cutting through the confusion. **Sloan Management Review**, v. 29, n. 2, p. 15-20, 1988.

ROSSEL, P. Early detection, warnings, weak signals and seeds of change: a turbulent domain of futures studies, **Futures**, v. 44, n. 3, p. 229-239. 2012.

SCHOEMAKER, P.J.H.; DAY, G.S. How to make sense of weak signals. **MIT Sloan Management Review**, v. 50, n. 30, p. 81-89, Spring 2009.

SCHOEMAKER, P.J.H.; DAY, G.S.; SNYDER, S.A. Integrating organizational networks, weak signals, strategic radars and scenario planning. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 80, n. 4, p. 815-824, 2013.

TYSON, K. **The complete guide to Competitive Intelligence**. 5th Ed. Chicago: Leading Edge Publications, 2010.

WEICK, K.E. **Sensemaking in organizations**. London: Sage, 1995.

WEICK, K.E.; SUTCLIFFE, K.M.; OBSTFELD, D. Organizing and the process of sensemaking. **Organization Science**, v. 16, n. 4, p. 409-421, 2005.

YOON, J. Detecting weak signals for long-term business opportunities using text mining of web news. **Expert Systems with Applications**, v. 39, n. 5, p. 12543- 12550, 2012.

ZACK, M.H. Managing organizational ignorance. **Knowledge Directions**, v. 1, Summer, p. 36-49, 1999.

Uma ontologia sobre avaliação para o CGEE

Carlson Batista de Oliveira¹, Adriana Badaró de Carvalho Villela², Mayra Juruá³, Sofia Daher⁴

Resumo

Este artigo propõe o emprego de ontologia para representação de conhecimento sobre estudos de avaliação no Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE). Esta abordagem inovadora permite a construção de um modelo conceitual que explica o que é avaliação no Centro, promovendo aprendizado, geração de conhecimento e um referencial teórico alinhado com a modelagem de processos de avaliação. Sob uma óptica tática e operacional, a ontologia pode ser vista como um modelo de classes para orientar a automação desses processos.

Abstract

An ontology for knowledge representation of evaluation studies at Center for Strategic Studies and Management [acronym in Portuguese CGEE] is proposed in this article. This innovative strategy allows the construction of a conceptual model that explains what evaluation at CGEE is, supports learning, knowledge generation and constructs a theoretical referential model aligned with evaluation processes modeling. In practice, ontology can be viewed as a class model that directs these processes automation.

Palavras-chave: Avaliação. Representação do conhecimento. Ontologia.

Keywords: Evaluation. Knowledge representation. Ontology.

-
- 1 Doutor em Ciência da Informação pela Universidade de Brasília (UnB) (2012). Coordenador de Tecnologia da Informação no CGEE.
 - 2 Mestre em Desenvolvimento Sustentável pela UnB, graduada em História pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Assessora do CGEE. Atua nas áreas de acompanhamento e avaliação (A&A) de programas em Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I), estudos de futuro, desenvolvimento de metodologias e disseminação da informação.
 - 3 Economista pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e mestre em Ciências Sociais pela UnB. Assessora do CGEE, atuando em temas relacionados principalmente a políticas públicas e desenvolvimento econômico, social e sustentável de longo prazo.
 - 4 Doutora em Ciência da Informação (2012), Mestre em Biologia Molecular e graduada em Agronomia pela UnB. Assessora técnica do CGEE. Analista em C&T do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

1. Introdução

A avaliação, seja de políticas, programas ou projetos, pode ser considerada um instrumento de melhoria do processo decisório e para o aperfeiçoamento do modelo de gestão institucional, permitindo ao governante, ao tomar conhecimento dos resultados de uma dada intervenção, ter subsídios para melhorar a concepção ou implementação de outras iniciativas, fundamentar decisões e melhorar a prestação de contas das ações públicas. Essas finalidades dão origem a diferentes estratégias de avaliação, abordagens metodológicas e definições conceituais (CGEE, 2015).

Considerando a amplitude de campos de conhecimento em que se aplicam os estudos de avaliação, o tratamento terminológico se mostra de fundamental importância (SERAPIONI, 2016, p. 61). A uniformização terminológica objetiva a construção de definições consistentes e interdisciplinares e permite, principalmente, a redução de ambiguidades, a comparabilidade e o apoio à recuperação de informação. Quando se refere à avaliação, o assunto terminologia é abordado em glossários (OECD, 2002; USAID, 2009), taxonomia (CORYN *et al*, 2017) e tesouros (SCRIVEN, 1991).

Entretanto, no que tange à representação do conhecimento sobre avaliação, com identificação de categorias fundamentais e invariantes, independentes de campos do conhecimento, estudos terminológicos se mostram restritos. Esse tipo de abordagem está afeito às ontologias, como é feito no presente artigo.

A definição clássica para ontologia é proposta por Gruber (1993, p. 199). Segundo esse autor, ontologia é uma especificação explícita de uma conceituação (ou conceitualização). Nessa definição, conceituação consiste de uma visão abstrata, simplificada da realidade, composta da representação de seus objetos, conceitos e relacionamentos, com um propósito específico (GUARINO, 1997, p. 296). Uma “especificação explícita” é uso de uma linguagem (formal / lógica, ou informal) para descrever a conceituação. Entretanto, o elemento que conecta a representação com a realidade é o “compromisso ontológico”, que é o atrelamento das definições ao domínio do problema, zelando pela consistência da terminologia com o uso real e efetivo que se dá aos conceitos. Entre os principais mecanismos para o alcance dessa consistência estão a participação coletiva e o consenso.

Por definição, ontologia é uma representação de conhecimento sobre algo e provê consenso e uniformização terminológica e conceitual. Sua aplicação fornece o instrumento metodológico para modelar conhecimento sobre um assunto ou domínio especificado. Uma ontologia permite a realização dessa modelagem semântica por meio da descrição de conceitos, atributos,

propriedades e indivíduos. Um conceito, ou uma classe na modelagem ontológica, denomina um ser, um objeto ou uma coisa, que está presente no contexto de estudo. Uma propriedade denomina uma relação entre classes ou um atributo de uma classe, ou seja, um aspecto ou característica atribuído(a) àquela classe. Um indivíduo, também conhecido como uma instância, denomina uma pessoa ou coisa existente no mundo representado pela ontologia. Aqui, a ontologia é aplicada para o domínio de estudos de avaliação, com o objetivo de descrever o conhecimento sobre todas as suas etapas constituintes.

Contudo, o estudo realizado por Freitas Junior e Gonçalves (2014) apresenta um resultado singular. Os autores conduziram uma análise bibliométrica no período 1999 a 2012, nas bases *Web of Science*, *Scopus* e *Institute of Electrical and Electronic Engineers* (IEEE) para os termos de busca “ontologia (*ontology*), avaliação (*assessment*) e tarefa intensiva em conhecimento (*knowledge-intensive task*)” que resultou na seguinte conclusão: “Foram analisados bibliometricamente as informações de 38 trabalhos, identificando que esses estudos, em geral, não relacionam explicitamente a aplicação de ontologias para o suporte da tarefa de avaliação enquanto tarefa intensiva em conhecimento.” (FREITAS JUNIOR; GONÇALVES, 2014, p. 236).

A avaliação de políticas públicas, programas e projetos, em especial na área de ciência, tecnologia e inovação (CT&I) é parte das atividades do Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) desde sua criação. E considerando a importância fundamental da competência de avaliação para o Centro, este artigo descreve a ontologia sobre avaliações, elaborada no contexto de um dos projetos da atividade conduzido por esta instituição e que trata de Desenvolvimento de Competências Metodológicas.

2. Ontologia sobre estudos de avaliação no CGEE

Com o objetivo de representar o conhecimento sobre avaliação disponível e aplicado no CGEE, este artigo apresenta e descreve a ontologia sobre o tema alinhada com o referencial metodológico relativo ao metaprocesso finalístico do Centro⁵. Este, em síntese, engloba todas as etapas e as atividades cruciais para o desenvolvimento de cada projeto, desde a definição do escopo do trabalho até o seu processo de disseminação de resultados.

5 Detalhes sobre esse metaprocesso são encontrados em (CGEE, 2017).

A metodologia adotada para a conceitualização consistiu: da recuperação dos trabalhos de avaliação estratégica realizados pelo CGEE; da revisão da literatura recente sobre avaliação; e de debates promovidos pelos autores enquanto coordenadores de projetos de avaliação e como participantes da equipe que conduz o projeto de Modelagem e Automação de Processos Finalísticos, dentro da linha de ação do Centro que trata de Desenvolvimento Institucional.

a. Demanda



Figura 1. Metaprocesso finalístico do CGEE

Fonte: (CGEE, 2017).

A Figura 1 apresenta o fluxo de etapas do metaprocesso aplicado a projetos de avaliação de políticas e instrumentos de políticas públicas. Na primeira etapa, o objetivo metodológico é captar o interesse de um solicitante de estudo de avaliação, por via de regra, uma instituição ou ator relevante do Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (SNCTI), e detalhar esse interesse em elementos e motivações fundamentais que descrevem uma demanda. O propósito dessa etapa, portanto, é desvelar o máximo possível as expectativas e possibilidades reais de resultados esperados do projeto, informando e formalizando, às partes envolvidas, todos os elementos necessários à tomada de decisão no início efetivo do projeto. Os conceitos e as propriedades envolvidos nessa etapa, chamada de Demanda, são apresentados na Figura 2⁶.

⁶ A ontologia foi elaborada com uso da ferramenta Protégé (MUSEN, 2015), em suas versões WEB e desktop. As representações gráficas que seguem foram realizadas com o módulo OntoGraf dessa ferramenta e posterior anotação do nome das relações. Para efeito de legenda, foi mantida a notação utilizada na citada ferramenta, ou seja, Classes ou Conceitos são representados por retângulos com o círculo alaranjado como seu ícone representativo, as relações entre Classes (ou Propriedades de objeto) são representadas por arcos direcionados entre as Classes, representando o sentido da relação, e indivíduos (ou instâncias) são representados por retângulos com o losango cinza como seu ícone representativo.

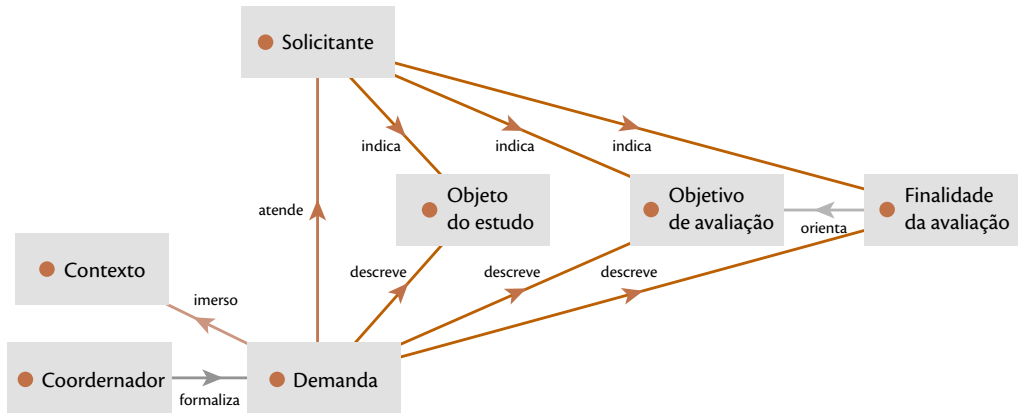


Figura 2. Representação conceitual para etapa de Demanda

Fonte: Elaborada pelos autores.

A pessoa ou equipe que inicia uma demanda de estudo de avaliação é modelada de acordo com a ontologia proposta, por meio da classe ‘Solicitante’, uma das subclasses de ‘Ator’. O solicitante indica o que será avaliado (‘Objeto de estudo’), suas intenções sobre objetivo a ser alcançado (‘Objetivo da avaliação’) e para qual finalidade será realizada a avaliação (‘Finalidade da avaliação’). A finalidade deve ser muito bem definida com aqueles que demandam a avaliação pois determinará, em grande parte, o objetivo e, muitas vezes o que, especificamente, será avaliado⁷ e, a partir daí, o detalhamento do projeto.

Essa proposição inicial feita pelo solicitante é capturada pelo ‘Coordenador’, outra subclasse de ‘Ator’, e registrada (‘formaliza’) em uma ‘Demanda’, classe que representa o artefato documental de um processo organizacional de avaliação. Condizente com as boas práticas de estudos de avaliação, o coordenador deve ainda identificar em que ‘Contexto’ está imersa a demanda descrita pelo solicitante. Esse contexto refere-se ao conjunto de atores relacionados direta ou indiretamente ao objeto da avaliação e a seu demandante, bem como ao conjunto de características conjunturais que podem impactar o objeto em estudo ou seu processo de avaliação.

⁷ Embora seja usual que estudos de avaliação tenham, desde seu início, definido o objeto da avaliação, é bastante comum que o trabalho inicial de refinamento da demanda e do escopo acabe por redefinir o próprio objeto de estudo.

b. Escopo

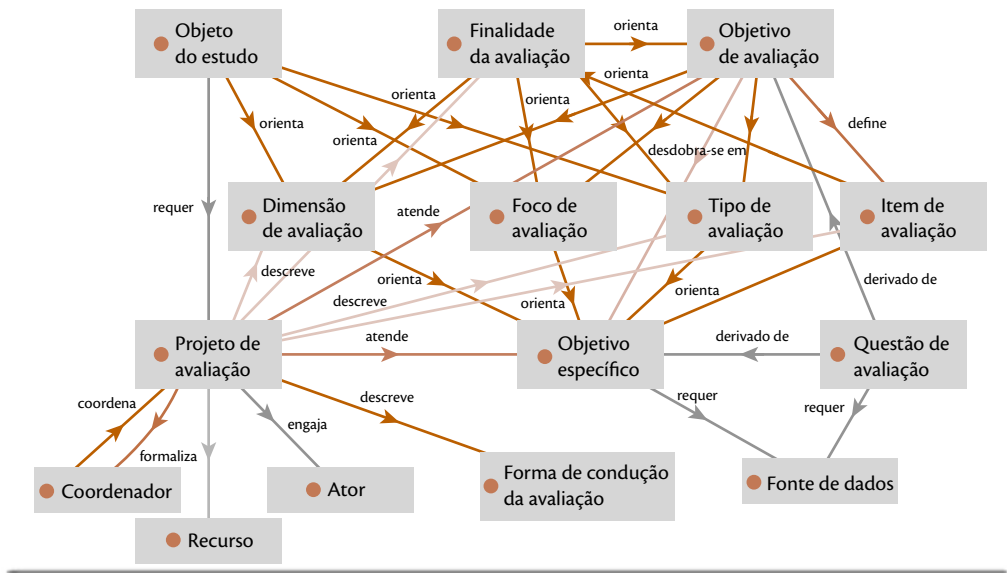


Figura 3. Representação conceitual para etapa de Escopo

Fonte: Elaborada pelos autores.

A etapa seguinte, chamada definição de escopo e representada na Figura 3, tem como objetivo delimitar claramente a abrangência e a profundidade do trabalho a ser desenvolvido, considerando as limitações existentes no que tange aos recursos disponíveis, inclusive o tempo. Para a conceitualização proposta e a definição de escopo, deve-se lançar mão dos conceitos ‘Objeto de estudo’, ‘Finalidade da avaliação’ e ‘Objetivo de avaliação’. Esses três constructos orientam o estabelecimento das abordagens da avaliação, organizadas nos aspectos ‘Dimensão de avaliação’, ‘Foco de Avaliação’ e ‘Tipo de avaliação’. Em qualquer momento que se realize uma avaliação, devem ser consideradas as interações desses aspectos com os demais e as fases do que se avalia. Ainda que se tenham estabelecido limites - de períodos ou focos de avaliação - deve-se buscar compreender as relações entre esse foco e as questões mais abrangentes, ou seja, o ‘Contexto’ (CGEE, 2015). Esses aspectos, amplamente debatidos na literatura (CGEE, 2015, p. 35, 37; ÁVILA, 2009, p. 13/14; NEWCOMER *et al*, 2015, p. 215s), subsidiam os atores envolvidos nesse processo, de modo a permitir que validem o entendimento e a seleção de abordagens metodológicas, conforme se observará adiante.

Em especial, o ‘Objetivo de avaliação’ identifica claramente (‘define’) o ‘Item de avaliação’ que será o efetivo alvo de estudo. Ressalta-se que, como se pode observar na Figura 4, o ‘Item de avaliação’ é uma superclasse, da qual o ‘Objeto de avaliação’ pode ser uma de suas subclasses. Esse constructo confere flexibilidade no modelo em dois aspectos:

- (i) um mecanismo para estabelecer a abrangência da avaliação no que se refere a conteúdo; e
- (ii) mecanismo pelo qual o efetivo alvo de avaliação sempre tenha uma referência contextual imediata.

Como exemplo, a intenção do solicitante – que pode ser advinda de restrições de recursos – pode ser avaliar um dos objetivos de um programa ou a ‘Tecnologia’ para uma política ou, ainda, um ‘Tema’ onde um projeto está inserido, ao invés do ‘Objeto de estudo’ completo. Essas definições do estudo são complementadas pelo engajamento (‘engaja’) de atores (‘Ator’) necessários ou interessados no estudo de avaliação, bem como pela identificação dos recursos estimados para sua realização (‘requer’ e ‘Recurso’). A estratégia de condução da avaliação também recebe atenção no modelo de conhecimento, por meio do conceito ‘Forma de condução da avaliação’.

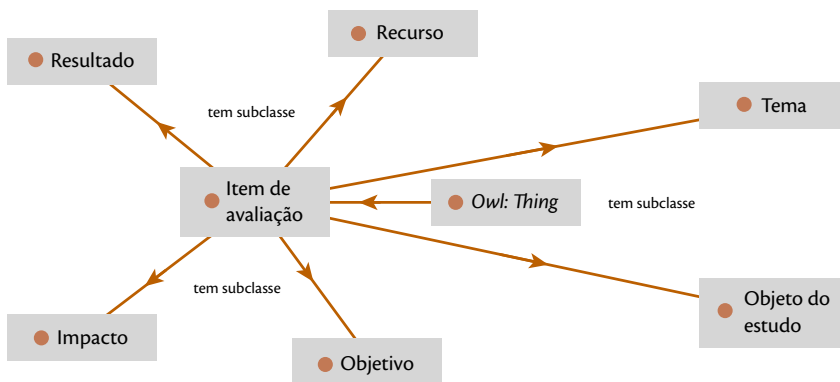


Figura 4. Detalhe do conceito Item de avaliação

Fonte: Elaborada pelos autores.

Ainda na fase de escopo, o ‘Coordenador’ do projeto ‘formaliza’ essas escolhas e definições de projeto do estudo em ‘Projeto de avaliação’, outro artefato documental do processo

organizacional de avaliação. A partir da construção desse documento, inicia-se temporalmente a etapa de execução do projeto propriamente dito. A conceituação contida nessa nova fase está descrita a partir da Figura 5.

c. Diagnóstico

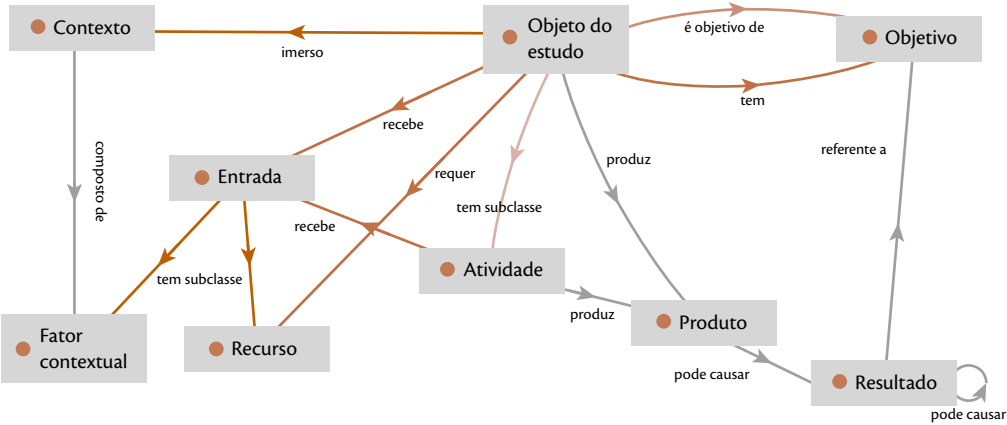


Figura 5. Representação conceitual para etapa de Diagnóstico

Fonte: Elaborada pelos autores.

A Figura 5 mostra a representação para a etapa do Diagnóstico, que consiste na fase de contextualização da situação atual do problema e auxilia na definição das diretrizes para a formulação do tipo de intervenção ('Objeto do estudo') – política, programa ou projeto – necessária (CGEE, 2015).

Na construção do diagnóstico, devem ser providas estruturas conceituais para a representação do modelo lógico⁸ do 'Objeto de estudo'. McLaughlin e Gretchen (2015) argumentam que um modelo lógico pode ser elaborado, gerado ou extraído em qualquer fase do ciclo de vida de um programa, em especial, na sua avaliação. Os autores também defendem que o estudo das ligações entre os elementos do programa (relações do modelo lógico) permite a identificação (quantificação) da causalidade. Ambos os argumentos, também encontrados em outros estudos (SCRIVEN, 2015;

8 Modelo lógico é um mecanismo utilizado para planejar e explicar um programa (política, plano, etc.), descrevendo sua teoria subjacente de forma visual e holística. Para mais detalhes sobre modelos lógicos e sua importância para a avaliação, vide (MCLAUGHLIN; GRETCHEN, 2015).

HOLDEN; ZIMMERMAN, 2009), motivam a modelagem proposta, onde o 'Objeto de estudo', seu conjunto de 'Objetivos' e o 'Contexto' que o envolve são os conceitos centrais.

O detalhamento da modelagem para a etapa de diagnóstico é iniciado pelo conceito de 'Entrada', superclasse que representa um 'Fator contextual', ou seja, um fato ou conhecimento existente no contexto do 'Objeto de estudo' ou, ainda, um 'Recurso', isto é, um objeto que, por seu papel desempenhado nas atividades do 'Objeto de estudo', é requerido como insumo necessário.

Note-se que uma entrada tem uma atividade correspondente que realiza seu devido tratamento, mas um 'Fator contextual' pode ser imprevisível até sua ocorrência. A modelagem ontológica da estrutura de um modelo lógico provê conceitos para representar, além das entradas, os conceitos de 'Atividade', 'Produto' e 'Resultado', conectando-os por meio das relações 'produz' e 'pode causar', respectivamente. Essas relações guardam o entendimento expresso em McLaughlin e Gretchen (2015), onde uma "estrutura de programa" composta de atividades e produtos tem efetiva governabilidade por parte dos gestores do programa (política, plano ou projeto) e, nesse caso, a relação 'produz' é mais concreta. Entretanto, os mesmos autores mostram que há também uma "estrutura de resultados do programa", onde os produtos entregues pela intervenção (política, plano ou projeto) para seus beneficiários são mecanismos de influência sobre 'Resultado' e, ainda, que, nesse outro caso, não há governabilidade direta do respectivo gestor. Assim, a relação causal entre o 'Produto' e o 'Resultado' é uma possibilidade, uma intenção e, normalmente, essa é a relação que se deseja medir em uma avaliação de programa, política, plano ou projeto.

Outros destaques são:

- (i) um 'Resultado' 'pode causar' outro 'Resultado', na continuidade temporal, espacial ou contextual. Esse constructo capacita o modelo na representação de impactos;
- (ii) um 'Resultado' tem uma relação com, ou seja, 'é referente a' um 'Objetivo', uma vez que um objetivo pode requerer mais de um resultado para ser atendido; e
- (iii) na representação de um modelo lógico, os objetivos do 'Objeto de avaliação' são norteadores de todas as pressuposições que dão suporte à estruturação de atividades, produtos e resultados. Assim, a relação entre esses constructos governa a construção do modelo.

d. Exploração de Alternativas; Priorização e Estratégia; e Plano de Ação

O raciocínio lógico empreendido para a modelagem até a etapa de Diagnóstico privilegiou a representação de avaliação em sua fase teórica, prospectiva e até experimental, isto é, os conceitos e as relações permitem a representação da estratégia da avaliação (VELHO, 2013) que se deseja implementar. Em uma visão de modelagem de processos de negócio, essas etapas abordadas são preparatórias para a efetiva execução da avaliação, que ocorre nas etapas de implementação e finalização. Para as etapas de *Exploração de Alternativas*, *Priorização e Estratégia* e *Plano de Ação*, a ontologia oferece meios para a representação de escolhas táticas, isto é, projetar como fazer a avaliação.

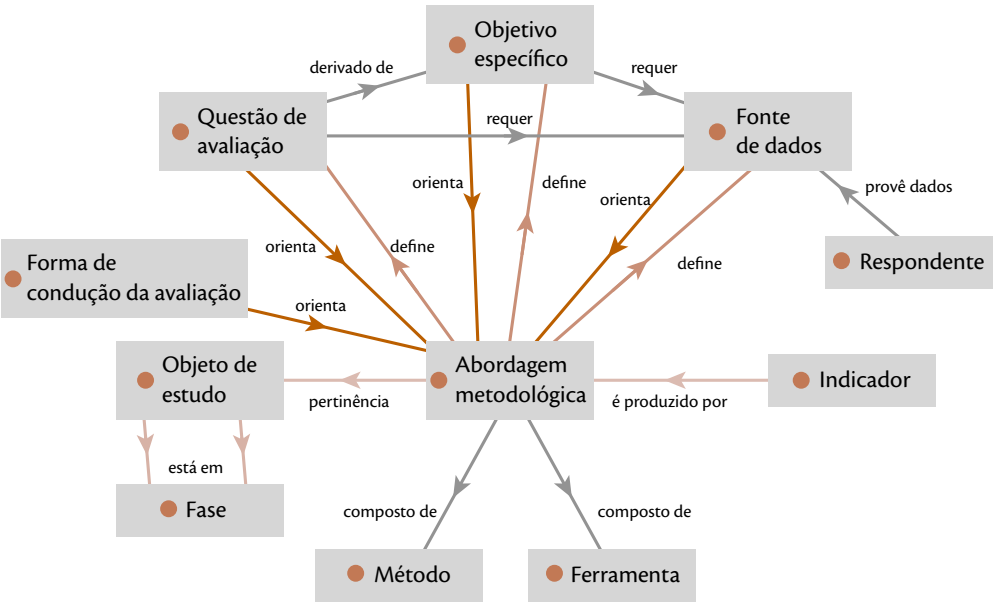


Figura 6. Modelo conceitual relativo a Abordagem metodológica

Fonte: Elaborada pelos autores.

Por um lado, o contexto, os objetivos e as intenções relativas à avaliação estão estrategicamente modelados na conceitualização da demanda e do escopo. Por outro lado, o contexto, os objetivos e as intenções relativos ao objeto de estudo estão modelados na conceitualização do diagnóstico. A passagem do nível estratégico para o nível tático é realizada por meio da conceitualização da classe 'Abordagem metodológica', central nesta parte do modelo.

A Figura 6 mostra essa representação de conhecimento propiciada pela ontologia. As posições consolidadas nos conceitos de 'Forma de condução da avaliação' do 'Objetivo específico' orientam (relação 'orienta') a formulação da abordagem metodológica. Os conceitos de 'Questão avaliação' e 'Fonte de dados' também contêm posições que orientam a abordagem metodológica, entretanto, nesse caso, a implementação da abordagem metodológica exercerá um papel definidor (relação 'define') para esses últimos e, potencialmente, até para os objetivos específicos. Isto se dá pelo fato de que refinamentos - e até mesmo as modificações, as inserções e a retirada de questões orientadoras e de fontes de dados - podem ocorrer em função do encontro do planejamento teórico com a realização prática, etapas estas que podem culminar na identificação de objetivos específicos não viáveis na formulação inicial. Não obstante, a captura dos ajustes nos objetos reais afeitos a esses conceitos é de fundamental importância para contar a efetiva história do estudo de avaliação, como no caso da realização de lições aprendidas, memória organizacional e meta-avaliação.

A abordagem metodológica é composta de 'Método' e 'Ferramenta' que lhe conferem a técnica e a instrumentação escolhidas como mais adequadas para fazer frente aos objetivos estabelecidos. A estruturação desse arsenal metodológico é aplicada às fontes de dados e, sempre que necessário, às fontes primárias. A consulta a uma fonte primária é, portanto, a inclusão da categoria/subclasse 'Respondente' (ator que participa de coletas de dados por meio de ferramentas, tais como questionários e entrevistas, por exemplo) para a produção de 'Indicador', ou seja, conceito que permite a comparabilidade entre situação observada e metas estabelecidas para o objeto da avaliação.

A 'Abordagem metodológica' guarda em sua conformação a relação mais global de 'pertinência' em relação ao 'Objeto do estudo', como argumentado em CGEE (2012, p. 6). A 'Abordagem metodológica' deve ser pertinente quando colocados frente a frente o objeto de estudo, sua 'Fase' do ciclo de vida, e as especificidades e definições de estratégias, instrumentos e indicadores.

Na Figura 7, é detalhada a conceitualização para a questão de avaliação e, na Figura 8, a conceitualização para os métodos. Consoante à importância desses conceitos no contexto do desenho da avaliação ("*Evaluation design*"), um detalhamento se faz necessário.

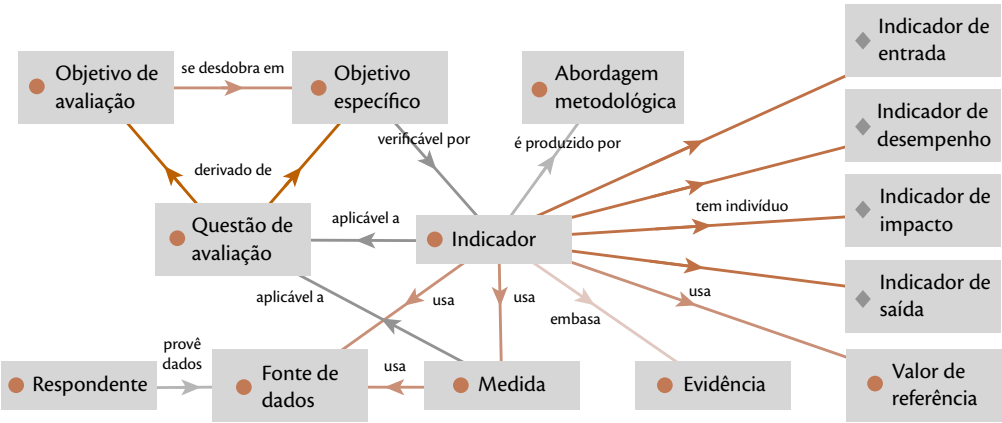


Figura 7. Modelo conceitual relativo para a Questão de avaliação

Fonte: Elaborada pelos autores.

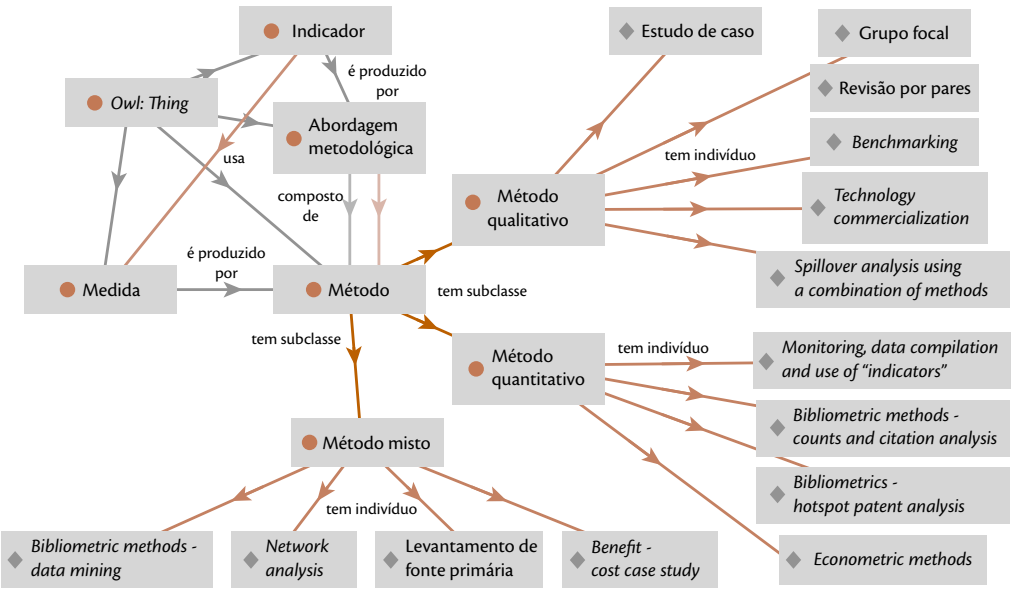


Figura 8. Modelo conceitual para Método

Fonte: Elaborada pelos autores.

O ponto central da modelagem de questão de avaliação é seu relacionamento com os conceitos de 'Indicador' e 'Medida'. A 'Questão de avaliação' é a formulação 'derivada' de 'Objetivo de avaliação' e de seu desdobramento em um ou mais 'Objetivo específico', que representa a capacidade de investigar o grau de atendimento do objetivo a que se propôs o programa (política, plano ou projeto). Porém, a resposta à investigação é realizada por meio dos conceitos 'Indicador' e 'Medida', cada um deles 'aplicável a' uma ou mais 'Questão de avaliação'.

As definições de indicador e de medida são adotadas de ABPMP (2013, p. 197-201) e Fernandes (2013, p. 9/10) e especificam que uma 'Medida', que representa uma métrica ou uma variável (no jargão estatístico), advém de dados (medidas) cuja origem pode ser uma 'Fonte de dados'. A mesma literatura também menciona que sobre esses dados podem ser aplicadas fórmulas de cálculo que os tornem compatíveis com a intenção de uso. Por sua vez, um indicador 'usa' uma 'Medida' e, por meio de uma metodologia de apuração (ou cálculo), faz uso de um 'Valor de referência' para confrontar a situação observada com a desejada e produzir a informação que lhe é inerente, ou seja, indicar o alcance de uma meta. As fórmulas de cálculo de 'Medida', entretanto, são advindas de 'Método' e sua escolha é influenciada diretamente pelos conceitos vistos na discussão sobre 'Abordagem Metodológica'.

A literatura sobre avaliação dedica muita atenção ao estudo e à aplicação coerente do método (US. DOE, 2007; SERAPIONI, 2016; ÁVILA, 2009) e aqui se encontra um ponto de grande riqueza teórica e prática. Para efeito da ontologia de avaliação no CGEE, a conceitualização para 'Método' tem a sua diversidade organizada em três subclasses - 'Método qualitativo', 'Método Quantitativo' e 'Método misto' - e aponta alguns casos concretos extraídos da literatura ou em uso no Centro.

Aqui é possível observar uma restrição do modelo ontológico proposto. O uso de indicadores e medidas (métricas) como elementos de respostas às questões de avaliação gera um viés quantitativo para as estratégias de investigação dos alcances dos objetivos de objetos de estudos (plano, projeto, programa ou política). Entretanto, o modelo é amplo e flexível o suficiente para acomodar 'Medida' de natureza qualitativa, como, por exemplo, análises descritivas ou interpretativas, mapas (ou matrizes) comparativos(as) (GOODRICK; ROGERS, 2015, p. 567-584). Porém, endereçar essa questão passa por identificar as superclasses de 'Medida' e de 'Indicador' que permitam a convivência de representações, tais como codificações, categorizações e padrões, estruturas estas discutidas em Goodrick e Rogers (2015) para o tratamento qualitativo de respostas às questões de avaliação.

A modelagem da 'Abordagem metodológica' representa o conceito 'desenho da avaliação' (*Evaluation design*). Esse desenho tem a natureza de uma especificação tática da avaliação (VELHO, 2013) e organiza a coletânea de decisões realizadas nas etapas iniciais, as técnicas e ferramentas apropriadas e seus usos mais coerentes para a realização da avaliação (EUROPEAN COMMISSION, 2004, p. 37-49; CGEE, 2012, p. 6). O mesmo desenho também habilita o avaliador a implementar com segurança a avaliação. Porém, a boa prática (CGEE, 2015; SCRIVEN, 2015) recomenda que esse desenho deve passar pela validação dos principais interessados e, uma vez alcançado o consenso, pode-se iniciar efetivamente sua implementação.

e. Implementação

A implementação de uma avaliação consiste em tornar reais as diretrizes estabelecidas no desenho da avaliação. A representação do conhecimento, portanto, reutiliza os modelos descritos nas seções anteriores, alinhados com um procedimento próprio de cada organização que realiza a avaliação. Desde 2017, o CGEE conta com o "Ciclo de Inteligência em Ciência, Tecnologia e Inovação" (CGEE, 2017), modelo genérico de processo, cujo objetivo é realizar análise de dados e geração incremental de novas informações e conhecimento. Esse modelo é composto de processos que têm como finalidades:

1. Identificar necessidades de informação;
2. Coletar e armazenar dados;
3. Explorar, organizar e analisar a informação;
4. Produzir resultados e informações; e
5. Avaliar, com ampla flexibilidade de realização de caminhos alternativos, permitindo o refinamento e a retroalimentação no processo.

A ontologia de avaliação manifesta seu alinhamento com os modelos de processo, como o Ciclo de Inteligência em CT&I do CGEE, em dois aspectos. Primeiro, os conceitos de 'Questão de avaliação' e 'Fonte de dados' representam com naturalidade a necessidade de informação (que no Ciclo de Inteligência recebe o nome de perguntas norteadoras) e as fontes de dados, estabelecendo ponto de entrada no Ciclo. Em segundo lugar, a ontologia permite capturar o raciocínio lógico que levou à formulação das questões de avaliação, bem como à escolha inicial

das fontes de dados. Ainda sobre a fundamentação do Ciclo de Inteligência, o modelo representa não apenas a entrega da necessidade de informação e fonte de dados, mas também a recepção do *feedback* do processo para possíveis refinamentos nas classes 'Questão de avaliação', 'Fonte de dados' e 'Objetivo específico'.

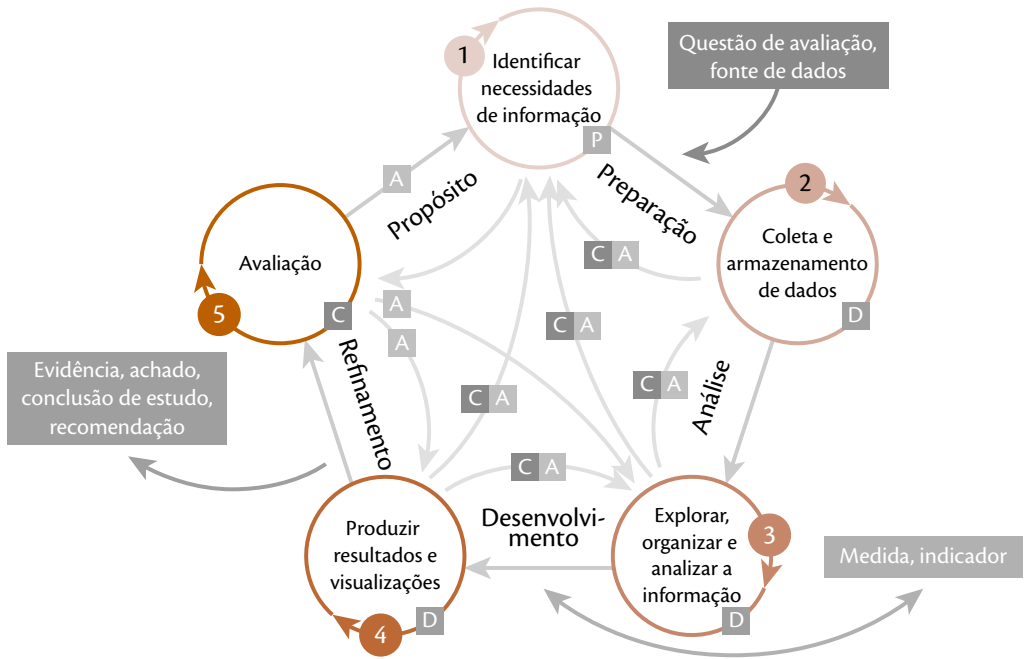


Figura 9. Alinhamento ontologia e Ciclo de Inteligência Tecnológica do CGEE.

Fonte: adaptado de (CGEE, 2017).

Na Figura 9, o alinhamento da ontologia de avaliação ao Ciclo de Inteligência é apresentado de forma gráfica. Os conceitos 'Questão de avaliação', 'Fonte de dados', 'Medida', 'Indicador', 'Evidência', 'Achado', 'Conclusão de estudo' e 'Recomendação', componentes do constructo 'Abordagem metodológica', proveem referência conceitual para o Ciclo de Inteligência e os elementos constituintes do primeiro são consumidos, produzidos ou ajustados na realização do último.

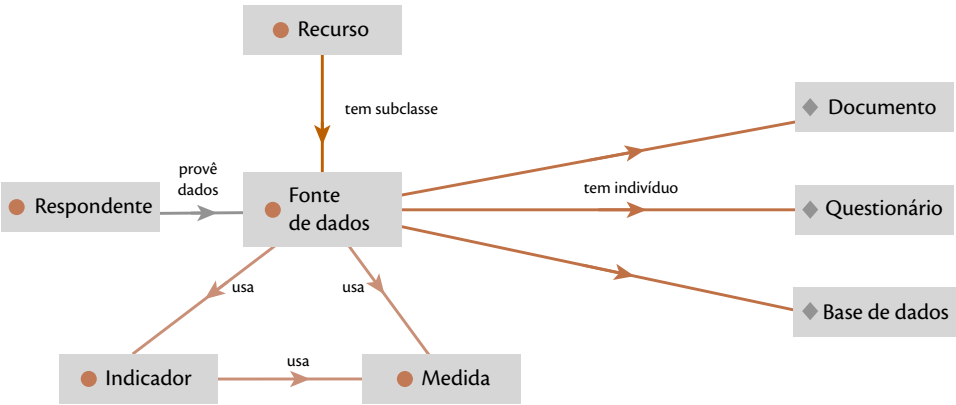


Figura 10. Modelo conceitual para Fonte de dados

Fonte: Elaborada pelos autores.

A Figura 10 apresenta a conceitualização relativa à 'Fonte de dados', um tipo especial de 'Recurso' para o processo de avaliação. Tanto uma 'Medida' quanto um 'Indicador' usam (relação 'usa') fontes de dados em suas respectivas fórmulas e abordagens de cálculo para a geração da informação necessária ao trabalho do avaliador. A figura mostra alguns dos principais objetos concretos para essa classe, a saber: 'Documento', 'Questionário', 'Base de dados'.

f. Finalização

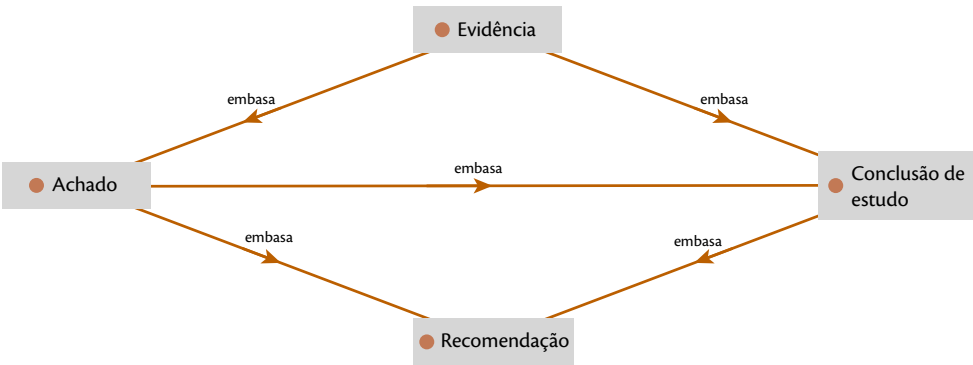


Figura 11. Modelo conceitual para Achado e Conclusão de estudo

Fonte: Elaborada pelos autores.

O modelo de representação do conhecimento para a etapa final da avaliação é apresentado esquematicamente na Figura 11. A classe 'Evidência', informação que indica se uma proposição é verdadeira ou válida⁹, é o ponto de partida para as descobertas realizadas pelo esforço da avaliação, classe 'Achado', e para a emissão dos julgamentos sobre mérito, valor e significado (SCRIVEN, 2015), classe 'Conclusão de estudo'. É importante ressaltar que um achado constitui uma assertiva factual sobre o objeto de estudo, ou seus elementos, baseada em evidências, porém, não constitui interpretações, julgamentos ou conclusões em si mesmo (USAID, 2009). Por esse motivo, a relação que interliga todas as classes nesse constructo é a de embasamento ('embasa'). Da mesma forma, um 'Achado' ou uma 'Conclusão de estudo' 'embasa' uma 'Recomendação', caso recomendações sejam aplicáveis ao estudo de avaliação.

3. Conclusões e próximos passos

A ontologia descrita faz uma conceitualização de estudos de avaliação, provendo uma representação de seus conceitos, suas relações e seus objetos, além de suas interações com todas as etapas do processo de avaliação em debate no CGEE. O modelo construído expõe os conceitos usualmente utilizados, detalhando-os e explicando-os por intermédio de sua descrição terminológica e das relações relevantes entre eles.

A ontologia proposta contribui em três aspectos fundamentais para o tema. Em primeiro lugar, o modelo conceitual consegue explicar cada uma das fases de uma avaliação em relação a seus conceitos, e suas propriedades (relações), bem como conectá-las com exemplos práticos advindos dos fundamentos, das metodologias e dos instrumentos da área de avaliação. Em segundo lugar, essa amplitude de cobertura e o nível de detalhamento alcançado permitem que a ontologia efetivamente explique o que é avaliação, a partir de seu processo, permitindo seu uso como artefato de aprendizagem e geração de conhecimento. Em terceiro lugar, e mais conectado com a intenção do projeto de Modelagem e Automação de Processos Finalísticos, a ontologia fornece o referencial teórico necessário e alinhado à modelagem de processo de estudos de avaliação do CGEE. Esse referencial tem duas características de destaque: (i) fundamento conceitual sólido, construído sobre o que o CGEE já aprendeu sobre avaliação e sobre a literatura da área; e (ii) constitui o modelo de classe para orientar sua automação.

9 Definição elaborada com base na tradução e adaptação do termo *evidence* em (OXFORD, 2018).

Referências

ASSOCIATION OF BUSINESS PROCESS MANAGEMENT PROFESSIONALS - ABPMP. **BPM CBOK - Guia para o gerenciamento de negócio** - Corpo comum de conhecimento. 1. ed. Brasília: ABPMP, 2013.

ÁVILA, M. das G. **Avaliação de políticas, programas e projetos: notas introdutórias**. Brasília: ENAP. 2009.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS - CGEE. **Boas práticas em avaliação de programas e projetos em ciência, tecnologia e inovação (CT&I): revisão conceitual e metodológica**. Brasília: 2015.

_____. **Desenho e detalhamento do primeiro nível do metaprocesso Inteligência Estratégica em CTI**. Brasília: 2017.

_____. **Orientações para as atividades de avaliação estratégica conduzidas pelo CGEE**. Brasília: NCM/CGEE. 2012.

CORYN, C.L.S.; WILSON, L.W., WESTINE, C.D.; HOBSON, K.A.; OZEKI, S.; FIEKOWSKY, E.L.; GREENMAN II, G.D.; SCHRÖTER, D. A Decade of research on evaluation: a systematic review of research on evaluation published between 2005 and 2014. **American Journal of Evaluation**, v. 38, n. 3, p. 329-347. 2017.

EUROPEAN COMMISSION. **Evaluating EU activities** - A practical guide for the commission services. Julho / 2004. Disponível em http://ec.europa.eu/smart-regulation/evaluation/docs/eval_activities_en.pdf. Acesso em: 02 mai 2018.

FERNANDES, M.A.L. **Especificação de requisitos de negócio - Sistema SMMAREG/MMA**. Relatório Técnico - Mindcraft. 2013.

FREITAS JUNIOR, V.; GONÇALVES, A.L. Ontologias como suporte à avaliação enquanto tarefa intensiva em conhecimento: uma revisão bibliométrica. **Perspectivas em Ciência da Informação**, v. 19, n. 3, p. 223-241, jul./set. 2014.

GOODRICK, D.; ROGERS, P. Qualitative data analysis. In: NEWCOMER, K.E.; HATRY, H.P.; WHOLEY, J.S. **Handbook of practical program evaluation**. New Jersey: John Wiley and Sons. 2015, p. 561-595.

GRUBER, T.R. A translation approach to portable ontology specifications. **Knowledge Acquisition**, v. 5, n. 2, p. 199-220, 1993.

GUARINO, N. Understanding, building and using ontologies. **International Journal of Human-Computer Studies**, v. 46, n. 2-3, p. 293 – 310, 1997.

HOLDEN, D.J.; ZIMMERMAN, M.A. Evaluation planning here and now. In: _____. **A practical guide to program evaluation planning: theory and case examples**. EUA: Sage Publications. 2009. p. 7-32.

MCLAUGHLIN, J.A.; GRETCHEN B. Using Logic Models. In: NEWCOMER, K.E.; HATRY, H.P.; WHOLEY, J.S. **Handbook of practical program evaluation**. New Jersey: John Wiley and Sons. 2015, p. 62-87.

MUSEN, M.A. The Protégé project: A look back and a look forward. *AI Matters*. **Association of Computing Machinery Specific Interest Group in Artificial Intelligence**, v. 1, n. 4, Jun. 2015. DOI: 10.1145/2557001.25757003.

Newcomer, K.E.; Hatry, H.P.; Wholey, J.S. **Planning and Designing Useful Evaluations**. In: _____. **Handbook of Practical Program Evaluation**. New Jersey: John Wiley and Sons. 2015, p. 7-35.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT - OECD. **Glossary of key terms in evaluation and results based management**. 2002. Disponível em: <<https://www.oecd.org/dac/evaluation/2754804.pdf>>. Acesso em: 16 abr. 2018.

OXFORD. **Oxford Dictionary**. Oxford University Press. 2018. Disponível em: <<https://en.oxforddictionaries.com>>. Acesso em: 04 maio 2018.

SCRIVEN, M. **Evaluation thesaurus**. Londres: SAGE. 4. ed. 1991.

Scriven, M. **Key Evaluation Checklist (KEC)**. Edição Agosto/2015. Disponível em <http://michaelscriven.info/images/MS_KEC_8-15-15.doc>. Acessado em 20/04/2018.

SERAPIONI, M. Conceitos e métodos para avaliação de programas sociais e políticas públicas. **Sociologia**, Revista da Faculdade de Letras da Universidade do Porto, v. 31, p. 59-80. 2016.

U.S. DEPARTMENT OF ENERGY - DOE. **Overview of evaluation methods for R&D programs a directory of evaluation methods relevant to technology development programs**. Mar. 2007.

USAID. **Glossary of evaluation terms**. 2009. Disponível em: <https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNADO820.pdf>. Acesso em: 16 abr. 2018.

VELHO, L. **Proposta de estrutura básica para projetos de avaliação de políticas ou programas**. Brasília: CGEE. 2013.

Sistema de Inovação Tecnológica da agroenergia da cana-de-açúcar no Brasil – da sua gênese à transição agroecológica atual

Edouard Lankriet¹, Marcelo Khaled Poppe²

Resumo

Após a crise alimentar de 2007, as agroenergias foram demonizadas e condenadas ao ostracismo como ferramentas de desenvolvimento promovidas por instituições internacionais. O debate ficou atolado em uma pergunta falsa, a da concorrência direta entre bioenergia e segurança alimentar. Essa confusão é ainda mais lastimável, uma vez que agora está bem estabelecido que a insegurança alimentar é um problema sobretudo econômico: a fome nos países pobres se deve à falta de infraestrutura e de tecnologias de produção, e não por escassez de terras

Abstract

After the food crisis of 2007, the agro-energies were demonized and ostracized as development tools promoted by international institutions. The debate was mired in a false question of direct competition between bioenergy and food security. This confusion is all the more regrettable, since it is now well established that food insecurity is a particularly economic problem: famine in poor countries is due to lack of infrastructure and production technologies, not scarcity of arable land. The economic and agronomic successes of the

-
- 1 Doutor em Economia do Desenvolvimento pela Escola de Altos Estudos em Ciências Sociais (EHESS) de Paris, em parceria com CIREN, CEPN, CNRS e Instituto de Mobilidade Sustentável Renault Paris-Tech. Estagiou duas vezes no CGEE e no CTBE no Brasil. É engenheiro agrônomo pela Universidade de Ciências Agrônomicas de Gembloux (Bélgica), com mestrado internacional em gestão ambiental na Escola de Minas de Paris e Universidade de Tsinghua em Pequim (China). Trabalhou no Observatório das Economias Emergentes, em Beijing. Atualmente, trabalha no Gabinete parisiense de Consultoria em Estratégia da Inovação.
 - 2 Tem Diploma de Estudos Aprofundados (DEA, eq. Mestrado) em economia da produção: inovação e sistemas energéticos, pela Universidade de Paris IX (Dauphine) e INSTN. Possui especialização em conversão de energias renováveis pelo Laboratório de Termodinâmica e Energética da Universidade de Perpignan, França. É engenheiro eletricitista pela UFRJ. Atualmente, é assessor do CGEE. Foi consultor da CNI, secretário de Desenvolvimento Energético do MME, gerente executivo na ANEEL, pesquisador no CIRED/EHESS/CNRS, França, e engenheiro eletricitista no Brasil. Trabalha com desenvolvimento sustentável; mudança do clima; e energia.

aráveis. Os sucessos econômicos e agrônômicos dos países que estruturaram setores de agro-energia sustentáveis, o Brasil na liderança, justificam que a questão do papel das bioenergias em estratégias de desenvolvimento seja recolocada e esclarecida por novos ângulos de análise. A principal função das agro-energias é a de um regulador econômico dos setores agrícolas; elas absorvem excedentes, reduzem sua exposição às flutuações nos mercados internacionais, garantem os rendimentos dos produtores e asseguram os investimentos de longo prazo que são essenciais para estruturar setores duradouros e competitivos. Assim, elas são um instrumento da segurança alimentar. Além disso, a evolução atual no Brasil diz respeito à transição agroecológica do modelo de produção da cana-de-açúcar. Ainda experimental, ela permite restaurar solos tropicais e devolve-los à sua função de dissipação de CO₂, para reconstruir o capital natural tropical. As condições para o sucesso do modelo brasileiro residem em um enquadramento e um apoio público forte e complexo, motivados e legitimados pela orientação das trajetórias do modelo a serviço de estratégias de desenvolvimento nacional, com base num sólido Sistema de Inovação Tecnológica (SIT) reunindo partes interessadas públicas e privadas.

Palavras-chave: Agroenergia. Bioenergia. Etanol. Bioetanol. Bioeletricidade. Cana-de-açúcar. Inovação varietal. Transição agroecológica. Sistema de inovação tecnológica. Capital natural. Desenvolvimento sustentável.

countries that have structured sustainable agro-energy sectors, Brazil in the lead, justify that the question of the role of bioenergy in development strategies should be replaced and clarified through new aspects of analysis. The main function of agro-energies is that of an economic regulator of the agricultural sectors; they absorb surpluses, reduce their exposure to fluctuations in international markets, guarantee producer incomes, and secure the long-term investments that are essential for structuring long-term and competitive sectors. Thus, they are an instrument of food security. Furthermore, current developments in Brazil are related to the agro-ecological transition of the sugarcane production model. Still experimental, it allows the restoration tropical soils and returns them to their function of CO₂ dissipation, to rebuild the natural tropical capital. The conditions for the success of the Brazilian model lie in a strong and complex framework and public support, motivated and legitimized by the orientation of the model's trajectories, at the service of national development strategies, based in a solid Technology Innovation System (SIT), associating public and private stakeholders.

Keywords: Agro-energy. Bioenergy. Ethanol. Bioethanol. Biopower. Sugarcane. Varietal innovation. Agro-ecological transition. Technological innovation system. Natural capital. Sustainable development.

1. Introdução

A agroindústria brasileira de cana-de-açúcar está transformando as terras tropicais em uma vantagem econômica competitiva através da produção de açúcar, etanol e eletricidade. Por esse motivo, o modelo brasileiro de cana é promovido no Brasil como uma alavanca de desenvolvimento e muitos países tropicais são tentados pela experiência de uma transferência desse modelo.

Análises precipitadas dos motivos da crise alimentar de 2007 levaram à histeria a discussão sobre a competição entre biocombustíveis e segurança alimentar. Como resultado, as agroenergias foram demonizadas, banidas de projetos apoiados por agências internacionais de desenvolvimento, e uma verdadeira “lei do silêncio” se instalou sobre o assunto em torno de 2010. Também é preciso desqualificar outro fator falsamente identificado como invalidando seu uso: sua falta de competitividade em relação aos derivados de petróleo.

A importância dada à questão da insegurança alimentar deu origem a inúmeros trabalhos que permitiram a evolução do debate. O óbvio hoje é que a insegurança alimentar é um problema econômico antes de ser um problema agrônomo. O argumento de uma competição direta entre produção de bioenergia e segurança alimentar não se sustenta na escala de um país, mas ainda ilude incautos e dificulta um exame incontestável da função das agroenergias numa estratégia de desenvolvimento.

Mais do que independência energética, o sucesso do modelo brasileiro se explica pelo domínio tecnológico que está associado a ele. A questão da tecnologia e, em termos gerais, a aquisição de habilidades de inovação é fundamental para questões de desenvolvimento. De fato, o papel da tecnologia é central no sucesso da bioenergia no Brasil. Para estudar o modelo brasileiro, é útil mobilizar o conceito de Sistema de Inovação Tecnológica (SIT). Na economia do desenvolvimento, esse conceito caracteriza todos os atores públicos e privados cujas interações ajudam a moldar as trajetórias tecnológicas de um setor, a instalar e desenvolver novas indústrias. Ele permite caracterizar as ligações entre tecnologia e desenvolvimento.

Neste artigo, aplica-se o conceito de SIT à agroindústria brasileira de cana-de-açúcar. Analisa-se no longo prazo as condições de criação, depois a dinâmica de evolução do SIT brasileiro da cana-de-açúcar. Por SIT da cana, compreende-se todos os atores políticos, tecnológicos e industriais relacionados à cana-de-açúcar; aqueles que, por meio de sua ação, importam ou produzem

e depois difundem as tecnologias relacionadas à oferta³ de produtos da cana-de-açúcar, e à demanda⁴ desses produtos, por outro lado.

Analisando no longo prazo – do final do século 19 até a atualidade – as trajetórias tecnológicas e o quadro político do SIT da cana, destacam-se duas questões: quais foram as condições de sucesso econômico das agro-energias e qual é sua função na estratégia de desenvolvimento brasileira. As respostas aqui analisadas lançam novas luzes sobre os debates relacionados ao papel da bioenergia nas estratégias de desenvolvimento.

Durante muito tempo, a implantação de setores agro-energéticos estimulou a formação das capacidades tecnológicas do capital humano brasileiro. Ao longo da sua trajetória, o SIT da cana garantiu a importação, adaptação e, finalmente, inovação das tecnologias necessárias para o desenvolvimento do setor sucroalcooleiro. O País tornou-se mestre de suas trajetórias tecnológicas e pode adaptar seu modelo aos desafios do desenvolvimento local.

2. O setor de etanol surge através da tecnologia, para responder às crises do preço do açúcar

O cultivo de cana-de-açúcar foi introduzido no Brasil assim que os colonos portugueses chegaram em 1530, inicialmente exclusivamente para produção de açúcar. Tornou-se a primeira atividade econômica organizada e continuou a ser a principal atividade econômica da colônia do século 16 ao século 18. Desde o início do século 20, o crescimento da indústria canavieira está intimamente ligado ao desenvolvimento tecnológico, mas essa dinâmica vai além da capacidade dos atores do setor, e requer o envolvimento e o apoio do Estado. Entre 1870 e 1970, uma dinâmica de transferência e difusão tecnológica se estabelece em resposta às várias crises da agroindústria da cana.

3 Atualmente, principalmente, açúcar, etanol anidro, etanol hidratado e bioeletricidade.

4 Essencialmente, dispositivos para consumo de etanol anidro, etanol hidratado e bioeletricidade a partir da cana.

2.1. Final do século 19: pré-história do Sistema de Inovação Tecnológica da cana

A primeira intervenção direta do Estado para apoiar a agroindústria açucareira remonta a 1873 e visava a atualização tecnológica da indústria para fortalecer sua competitividade nos mercados internacionais (DUNHAM *et al.*, 2011). Um decreto promulgado pelo governo imperial em 1875⁵ apoiou um movimento de modernização industrial iniciado por um grupo de gerentes de usinas do Estado de Pernambuco, com base na implantação de tecnologias importadas da França e da Inglaterra. Esse decreto refletia o desejo do governo imperial de apoiar a competitividade do açúcar brasileiro nos mercados internacionais, política de apoio financeiro ao setor que durou até meados da década de 1890 (QUEDA, 1972).

Em 1889, um novo decreto (DECRETO 10.393, 1889), do governo republicano, introduziu uma condicionalidade tecnológica⁶ para a concessão de ajuda financeira ao setor. Essa medida foi ineficaz e fortemente contestada pelos produtores que, por sua mobilização, obtiveram o recuo do governo no ano seguinte. Essa sequência é considerada como fundadora do Sistema de Inovação Tecnológica da cana (DUNHAM *et al.*, 2011), sobretudo pela mobilização que ela provocou entre os produtores de cana-de-açúcar, e as relações de influência estabelecidas a partir dela entre produtores e governo.

2.2. Início do 20: estabelecimento do Sistema de Inovação Tecnológica da cana

Entre o final do século 19 e o início do século 20, houve uma crise crônica dos preços do açúcar nos mercados internacionais, o que afetou as receitas de exportação da indústria açucareira brasileira. Inspirados pela reação dos produtores ocidentais de açúcar de beterraba, em particular dos produtores franceses, à mesma crise, os produtores brasileiros se mobilizaram para desenvolver um novo mercado para o setor açucareiro: o do etanol combustível⁷ (BARROS MEIRA, 2003). Com

5 O Decreto 2.687 garantiu o financiamento a uma taxa anual de 7%, e por um período que variava de 5 a 30 anos, dos investimentos relacionados à transformação de unidades de produção de açúcar artesanal ou semi-artesanal em unidades industriais.

6 O foco foi no tipo de difusor usado para extrair o suco da cana-de-açúcar, a escolha se baseando no que o governo considerou ser mais eficaz, e dizia respeito a uma tecnologia importada da Europa, onde foi desenvolvida por produtores de açúcar de beterraba.

7 Desde 1955, os produtores europeus de açúcar se preocuparam em desenvolver mercados para o etanol combustível/carburante de beterraba. As inovações tecnológicas e políticas desenvolvidas na Europa para abrir mercados para o etanol, com o objetivo de valorizar os excedentes de produção de beterraba, influenciaram fortemente os produtores brasileiros de cana-de-açúcar, que se mobilizaram para importá-las (BARROS MEIRA, 2003).

efeito, para responder às crises do preço do açúcar, os produtores receberam apoio público para o desenvolvimento do segmento etanol. Nessa época, como não havia suficientemente carros em circulação para o etanol combustível representar um mercado significativo, o objetivo foi então utilizá-lo como fonte de calor, ou de luz para o mercado de iluminação pública⁸. Foi a Sociedade Nacional de Agricultura (SNA), que preparou desde 1901 a promoção dos usos do álcool como combustível, inclusive organizando congressos e exposições tecnológicas e industriais dedicadas ao etanol. Assim, pela primeira vez, o etanol brasileiro é utilizado para desenvolver a indústria da cana-de-açúcar, apresentado principalmente como uma solução para o problema de superprodução de açúcar (BARROS MEIRA, 2003; DUNHAM *et al.*, 2011).

O mercado de etanol combustível começou a se desenvolver no Brasil na década de 1910, no entanto, permaneceu muito limitado, pois o etanol combustível era mais caro do que os produtos concorrentes importados. A fraqueza do mercado não permitia investir na necessária transformação tecnológica do setor para que o etanol absorvesse o excesso de cana produzido, pois de fato, o etanol combustível era produzido pela destilação do melaço residual. Sendo assim, ele não permitia desempenhar o papel inicialmente visado pelos produtores: a absorção da produção excedente de cana-de-açúcar e a regulação dos preços do açúcar.

Os grupamentos de produtores representados pela SNA defendiam junto ao governo o estabelecimento de um mecanismo de regulação de preços ou de subsídios para o mercado do etanol, mas o governo permaneceu insensível e o mercado do etanol continuou incipiente até meados da década de 1920 (MELO, 1942).

Apesar da ausência de um quadro regulatório para apoiar o setor de etanol, começou a se configurar o ecossistema de partes interessadas, a partir do qual o futuro SIT da cana se formou. A SNA representava os interesses dos atores industriais do setor junto ao governo e era através da tecnologia que ela pretendia responder aos desafios de desenvolvimento do setor. Antes de 1920, o Brasil tinha pouca capacidade de inovação tecnológica, mas a rede de atores se organizou num primeiro momento para assegurar a transferência de tecnologia.

Com o desenvolvimento do automóvel, a década de 1920 testemunhou a importância estratégica dos combustíveis. Já nessa época, a conscientização sobre o limite das reservas de petróleo era

8 A primeira menção à possível utilização do etanol como combustível no Brasil data de 1905 (DÉ CARLÍ, 1979). Comunicação feita durante a Segunda Conferência Açucareira, com base em um artigo alemão transcrito na revista "A Lavoura" sob o título "O desenvolvimento do uso do etanol". O principal interesse na época era a iluminação das cidades do interior.

alta⁹ e, no Brasil como nos Estados Unidos, o etanol foi percebido como o combustível do futuro (A Lavoura, 1923 citado por BARROS MEIRA, 2003). Por essas razões, o governo brasileiro aceitou aos poucos os argumentos da SNA e desenvolveu ensaios tecnológicos para validar e, em seguida, promover o etanol combustível. O setor de etanol começou a emergir. Em 1921 foi criada a Estação Experimental para Combustíveis e Minas (EECM), um organismo público dependente do Ministério da Agricultura, Indústria e Comércio (MAIC), cuja missão era testar e disseminar conhecimento sobre a uso de combustíveis. Em 1922, as conclusões do “Primeiro Congresso sobre Carvão e Outros Combustíveis Nacionais” organizados pela EECM indicaram a necessidade de apoiar o desenvolvimento do setor de etanol combustível. A EECM organizou sua promoção: o motor de um veículo Ford de quatro cilindros foi adaptado para funcionar com etanol e o seu desempenho nos principais shows de corridas de automóveis atraiu a atenção do público (A Lavoura, 1923, citado por BARROS MEIRA, 2003).

O governo reconheceu a importância estratégica do etanol combustível e promoveu-o, no entanto, não adaptou o quadro regulatório para estimular o desenvolvimento do setor. Os atores da indústria da cana continuaram a fazer campanha pelo apoio público ao desenvolvimento do setor de etanol, que eles perceberam como uma solução para as crises de produção que continuavam afetando seu desempenho financeiro.

A partir de 1925, o desenvolvimento da frota de veículos motorizados era tal¹⁰ que o etanol combustível tornou-se cada vez mais percebido pela opinião pública e privada como uma opção industrial, econômica e estratégica apropriada (BARROS MEIRA, 2003). Aos argumentos econômicos, estratégicos e políticos, se sobrepunham as demonstrações técnicas realizadas pelos órgãos científicos alemães e franceses da qualidade do etanol, utilizado puro ou em mistura, como combustível em motores a gasolina (DÉ CARLÍ, 1979). Sem esperar a adoção de um quadro regulamentar de incentivo ao etanol, o setor privado tomou então a iniciativa de produzir e comercializar etanol a partir do processamento direto de cana-de-açúcar, que até então era produzido apenas da destilação do melaço residual¹¹ (MELO, 1942). As poucas usinas que embarcaram nessa aventura usaram equipamentos importados da Europa, principalmente da França e da Alemanha, para produzir e refinar o etanol combustível diretamente da cana-de-açúcar (DUNHAM *et al.*, 2011). Essa primeira etapa do desenvolvimento do SIT da cana se baseou, portanto, na importação e absorção de tecnologias praticadas pelos empreendedores da indústria canaveira.

9 Em 1921, as projeções giravam em torno de 80 anos de reservas de petróleo.

10 73.500 veículos de passageiros em 1925 para 103.000 em 1926.

11 Em 1927, a fábrica da USGA lançou no Recife a comercialização de um combustível composto por 55% de etanol hidratado e 45% de éter, uma iniciativa a seguir pelas fábricas “Azulina”, “Motorina” e “Cruzeiro do Sul”.

No entanto, o setor de etanol combustível ainda não havia conhecido um desenvolvimento sólido, pois o governo não se empenhava em criar o quadro regulatório que o setor reivindicava como apoio. Essa situação se alterou devido a uma crise externa. O crash de 1929 provocou uma virada fundamental na política industrial do País, que passou a dar um maior apoio público para a indústria, particularmente o setor de etanol. A partir do golpe de estado e da ascensão de Getúlio Vargas ao poder em 1930, uma série de medidas foram adotadas para superar os efeitos da crise econômica e o País entrou em uma era de intervencionismo estatal muito pronunciado (TORRES DA VEIGA PEREIRA, 2007). A crise de 1929 afetou seriamente as exportações brasileiras e a indústria açucareira ficou à beira da falência. O Decreto 19.717 de 1931 estipulou a obrigação de adicionar 5% de etanol à gasolina convencional importada, criando um novo mercado para o etanol de cana-de-açúcar. Isso implicou numa adaptação tecnológica do setor e a instalação de novos dispositivos industriais.

A nova legislação criou as condições para o desenvolvimento de um novo setor de etanol industrial, adjacente ao setor agroalimentar existente. O setor de etanol foi criado para absorver a produção excedentária do setor açucareiro, para “suavizar” os preços do açúcar e, em última instância, para aumentar sua competitividade. Portanto, esse setor industrial é principalmente uma ferramenta de gerenciamento de mercado para um setor agrícola. No entanto, essa diversificação dos mercados da cana-de-açúcar, tornou sua gestão mais complexa. Para garantir que esta nova ferramenta atendesse ao objetivo de competitividade da indústria da cana, o governo, a pedido dos produtores, assumiu o controle total do setor através do planejamento da produção e dos mercados. Para este fim, foi criado, em 1933, o Instituto do Açúcar e do Alcool (IAA). O IAA definia os volumes de produção de cada produtor, os volumes de processamento de cada usina, os preços de venda de cada produto: cana-de-açúcar, açúcar e etanol, e decidia quem tinha permissão para vender (DE MORAES; ZILBERMAN, 2014). O Instituto também definia a taxa de mistura de etanol com combustível convencional, que era administrada a fim de garantir a compra de todos os volumes de produção atribuídos aos produtores e atenuar as variações de produção de cana-de-açúcar (Gráfico 1). Finalmente, o IAA controlava as exportações de açúcar cujos lucros financiam o custo de operação.

Em 1940, a indústria do etanol consistia em 38 destilarias industriais, todas importadas da Europa, para uma produção anual de 53 milhões de litros de etanol (MELO, 1942). O SIT da cana, apoiado pelo governo¹², desempenhava seu papel de absorção tecnológica.

12 A Lei 700 de 1937 introduziu uma isenção de impostos para todas as atividades relacionadas à produção, armazenamento, transporte ou melhoria do etanol. Essa foi a primeira forma explícita de apoio financeiro (indireto) do governo ao setor. Em paralelo com a política de cotas e as medidas de isenção de impostos para impulsionar o surgimento do setor, o governo implantou uma série de medidas para apoiar as importações de equipamentos industriais e produtos relacionados à produção de etanol (DUNHAM et al., 2011).

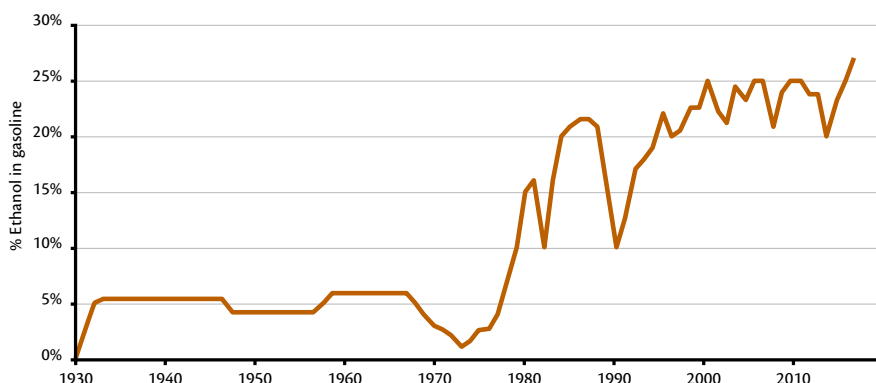


Gráfico 1. Mistura mandatória de etanol na gasolina

Fonte: CGEE, 2017.

A Segunda Guerra Mundial impactou fortemente o comércio internacional. O Brasil vislumbrou o colapso das exportações de açúcar e a ameaça à sua capacidade de abastecimento em combustíveis. A dinâmica industrial do País foi reorientada para o mercado interno, os volumes de cana transformados em etanol aumentaram e os industriais nacionais foram encorajados a garantir, pelo desenvolvimento de suas capacidades de produção, a substituição das importações tecnológicas. O setor de etanol foi declarado de interesse nacional (DECRETO 4.722, 1942), o que implicou manter de fato condições preferenciais de apoio aos setores de cana, açúcar e etanol (DE MORAES; ZILBERMAN, 2014). Esse contexto permitiu a consolidação de indústrias nacionais, como a Dedini, que através da inovação tornou-se o primeiro fabricante brasileiro capaz de produzir integralmente uma usina de açúcar.

O Sistema de Inovação Tecnológica da cana foi gradualmente estruturado em reação às diferentes crises às quais esteve exposto e, em primeiro lugar, para garantir a competitividade do setor da cana-de-açúcar. O uso da tecnologia para diversificar os mercados de cana era o cerne da estratégia dos empreendedores, mas o engajamento do governo foi decisivo. O papel do governo nesta dinâmica tecnológica consistiu principalmente em garantir os mercados, o que permitiu às empresas privadas investirem e assegurarem a difusão das tecnologias necessárias para o desenvolvimento do setor de etanol¹³.

Até a década de 1970, o envolvimento público serviu principalmente como uma estratégia para apoiar um setor agroindustrial de importância nacional, sem se voltar ainda para redução da dependência

¹³ Como não há registro na literatura de fracasso no uso das inovações importadas e constatando o surgimento da indústria em 1931, infere-se que o SIT da cana foi eficaz na absorção e difusão tecnológica.

do petróleo importado (CALABI *et al.*, 1983 citado por CGEE, 2007). A política de modernização e o auxílio do IAA para a indústria de cana-de-açúcar surtiram efeito: o etanol forneceu em média 75% da demanda brasileira de combustível entre 1931 e 1975 (LYND *et al.*, 2015).

Mas a agroindústria canavieira ainda estava muito exposta às flutuações nos preços internacionais do açúcar (CASSUTO, 2013). O desenvolvimento do setor etanol combustível continuava a ser percebido como a forma mais eficaz de equilibrar o mercado de açúcar e diversificar os mercados para o setor canavieiro. A conquista desse segmento requeria a implantação de uma tecnologia alternativa, pois o parque industrial petrolífero já estava estabelecido e era muito competitivo, exigindo um esforço nacional para o qual o Estado não mobilizava recursos suficientes.

3. Proálcool, 1975: os interesses dos produtores de açúcar convergiram com os do governo e o Programa Nacional do Álcool é adotado

A 1ª crise do petróleo de 1973 aumentou a dimensão estratégica do etanol. Entre 1973 e 1975, o custo das importações brasileiras de petróleo mais que quadruplicou¹⁴, a diversificação de fontes de energia ocupou o debate público, e foi rapidamente traduzida em objetivos de desenvolvimento. O governo reagiu criando um plano nacional de desenvolvimento do etanol combustível: o Proálcool.

O então novo presidente da ditadura militar, instaurada em 1964, Ernesto Geisel, se posicionou em 1974 a favor de um apoio mais afirmado à indústria canavieira e se comprometeu com o desenvolvimento do setor de etanol. O artigo 2º do Decreto 76.593 de 1975, estabeleceu claramente os objetivos do Proálcool: estimular a expansão do suprimento de matérias-primas (de cana-de-açúcar), dando particular importância ao aumento da produtividade agrícola, à modernização e ao desenvolvimento das usinas de produção existentes, e à instalação de novas unidades produtoras de etanol, anexas às usinas existentes ou autônomas. Percebeu-se a intenção de continuar apoiando a indústria canavieira, mesmo num contexto em que descobertas de petróleo eram anunciadas no Brasil (DE MORAES; ZILBERMAN, 2014).

14 No primeiro choque do petróleo, o barril subiu de US\$ 2 para mais de US\$ 12. Como o Brasil importava mais de 80% de seu petróleo, os gastos com importações de derivados de petróleo cresceram 450% entre 1973 e 1974, apesar dos volumes aumentarem apenas 15%. Esses gastos passaram de US\$ 750 milhões em 1973 para US\$ 4,1 bilhões em 1974.

O Proálcool durou dez anos, de 1975 a 1985, e foi desenvolvido em duas fases distintas por suas ambições, meios envolvidos e contexto de aplicação. Na primeira fase, o SIT da cana não foi particularmente orientado na sua produção científica e nas suas atividades de P&D, que seguiram o caminho já iniciado. O Estado garantiu os mercados de etanol e apoiou financeiramente a expansão das capacidades agroindustriais, a atividade se desenvolveu em conformidade, mas não houve ruptura ou grande inovação tecnológica. Essa situação mudou radicalmente na segunda fase do Proálcool, onde o Estado encomenda a organismos industriais uma inovação tecnológica estratégica.

O objetivo do Proálcool, como anunciado em seu lançamento em 1975, era produzir 3 bilhões de litros de etanol no horizonte de 5 anos (1980) e 10 bilhões de litros no horizonte de 10 anos (1985). Em 1975, a produção de etanol no Brasil era de 625 milhões de litros (RAMOS, 2007).

3.1. 1ª Fase do Proálcool, 1975-1979: estímulo à oferta e garantia de mercado

Essa fase se concentrou sobre a expansão da capacidade de produção de cana-de-açúcar, fortalecimento das usinas existentes e construção de unidades de produção de etanol adjacentes às de açúcar. Ela tem um impacto moderado na agroindústria, cujo número de unidades aumentou em 11,5% entre 1975 e 1981 (DE ARRUDA VEIGA FILHO; RAMOS, 2006), num contexto de queda nos preços internacionais do açúcar (DE MORAES; ZILBERMAN, 2014). No entanto, o Proálcool já se mostra eficaz para a regulação dos preços dos produtos da cana (RAMOS, 1991). O etanol produzido durante essa fase é principalmente o etanol anidro, usado em mistura com gasolina convencional.

Em 1979, a continuação do Programa ficou ameaçada pela flutuação para cima do preço do açúcar no mercado internacional, fazendo com que os produtores perdessem o interesse pelo etanol e fossem tentados pelo mercado clandestino de exportação de açúcar. No mesmo ano, a economia brasileira lutava com uma inflação galopante (77%), à qual se somou o segundo choque do petróleo ligado à guerra entre Irã e Iraque. As importações de petróleo ainda representavam 32% das despesas totais de importação do Brasil, mas o Proálcool estava ficando sem fôlego e o volume de etanol era insuficiente para garantir a independência energética do País.

A preocupação com o efeito da guerra no Oriente Médio sobre a evolução dos preços do petróleo reforçou a motivação do governo para alcançar a independência energética. Mas os produtores de cana-de-açúcar relutaram em expandir a produção de etanol face ao aumento

dos preços do açúcar, duvidando da capacidade do Estado de garantir a sustentabilidade (DE MORAES; ZILBERMAN, 2014). Cada vez mais determinado a fazer do etanol uma importante ferramenta de independência energética, diante do risco de queda na produção, o governo decidiu estabelecer, por meio de um mecanismo de subsídio, a paridade dos preços pagos aos produtores de cana, seja ela destinada à produção de açúcar ou de etanol.

3.2. Segunda fase do Proálcool, 1979-1985: estímulo à demanda e envolvimento do Estado na tecnologia

Por outro lado, visando a redução da dependência do petróleo importado, era preciso mais do que apenas misturar o etanol com a gasolina. O desafio tornou-se consumir etanol em vez de gasolina. Mais uma vez a solução foi tecnológica: o veículo a motor abastecido a 100% com etanol, cuja difusão o governo se engajou a apoiar através do SIT da cana. Os primeiros veículos 100% a etanol datam de 1978 (CASSUTO, 2013), e para garantir sua rápida propagação na frota brasileira, o governo precisou convencer a indústria automotiva instalada no País¹⁵.

Além do seu comprometimento com a oferta de etanol, o governo fez a análise de que era necessário estimular a demanda. Centros de P&D públicos e privados se mobilizam, como o Centro Tecnológico da Aeronáutica (CTA), em testes e desenvolvimento de motores, e o Centro de Tecnologia da Coopersucar (CTC), cooperativa de usinas canavieiras, em tecnologias agroindustriais.

As montadoras de veículos já vinham sendo solicitadas e faziam experimentos com motores 100% a etanol desde 1976, mas a sua confiança na capacidade do governo de garantir a produção de etanol era baixa. Em 1979, o novo presidente do regime ditatorial, João Figueiredo, reiterou o compromisso do governo em favor do etanol, assim como a meta de 10 bilhões de litros anuais em 1985. Além disso, o forte aumento dos preços dos combustíveis convencionais representava um risco para o futuro do mercado automobilístico e a transição para motor de etanol interessava também à indústria automotiva (TORRES DA VEIGA PEREIRA, 2007). Assim, ela terminou por aceitar produzir em grande escala veículos com motores movidos 100% a etanol.

Esse motor requeria um etanol significativamente diferente do etanol anidro incorporado à gasolina: o etanol hidratado, que passou a ser a prioridade do governo na pilotagem do SIT da cana. Além do seu uso nos motores adaptados, sua produção e comercialização requereram a

15 Nessa época, os fabricantes locais de veículos leves eram Fiat, Ford, General Motors (GM) e Volkswagen (VW).

adequação tecnológica e industrial do segmento, especialmente a infraestrutura logística de armazenamento, transporte e distribuição, pois ele era mais corrosivo que a gasolina, exigindo materiais e componentes com tratamento apropriado. Assim, o Estado financiou o melhoramento e a ampliação de instalações de armazenamento e distribuição de etanol (tanques, oleodutos, ferrovias e terminais portuários). A Petrobras, companhia de petróleo controlada pelo Estado, se encarregou da exploração dessa infraestrutura.

Pelo lado da oferta, a ênfase dada ao apoio às destilarias independentes, em vez de destilarias anexas, afirmava a aposta num setor de etanol autônomo. Essa transição permitiu ao governo rever sua ambição para 14 bilhões de litros por ano em 1987.

A fim de organizar o funcionamento da segunda fase do Proálcool e otimizar sua aplicação, o governo criou duas novas entidades responsáveis pela condução do setor: o Conselho Nacional do Álcool (CNAL) e seu órgão executivo, a Comissão Executiva Nacional do Álcool (CENAL), sob a direção do Ministério da Indústria e Comércio (MIC), e composto por membros de vários ministérios e de confederações da indústria, comércio e agricultura. O CNAL era responsável pela formulação e supervisão da implementação das políticas relativas ao Proálcool, assim como do reforço orçamentário em apoio ao Programa. A coexistência dentro de um organismo público de representantes da esfera política, industrial e do agronegócio ajudou a garantir que o SIT da cana atendesse aos interesses do desenvolvimento local. A Petrobras, responsável pela distribuição de etanol, foi instada a criar um fundo de compensação de preços entre etanol e combustíveis convencional, a “conta etanol”. O fundo era alimentado por uma taxa incidente sobre o diesel, destinada a compensar os custos adicionais de produção de etanol, além do aporte do fundo já operacional do IAA, financiado pelas receitas de exportação de açúcar. A complexidade da configuração política para pilotar esse modelo ilustra o efeito da formação de capital humano local induzida pelo desenvolvimento tecnológico.

3.3. Resultados do Proálcool: desenvolvimento do setor da cana-de-açúcar e consolidação do etanol combustível

“O Proálcool é a inovação política mais importante destinada a ampliar a produção de açúcar na história do país ... ele permitiu aumentos sem precedentes nos rendimentos do setor açucareiro” (SANTIAGO; IVO; BARBOSA; ROSSETO, 2006). Entre 1975 e 1980, a área cultivada de cana expandiu-se em 609.000 ha (+ 29%) e a superfície média das propriedades aumentou 36,4%, refletindo uma concentração de atores no setor, concomitante com a sua expansão. Ao mesmo tempo, os rendimentos da produção agrícola (t_{cana}/ha) aumentaram em mais de 20%, enquanto

a produção industrial ($t_{\text{açúcar}}/\text{ha}$) aumentou 35,6% (DE ARRUDA VEIGA FILHO; RAMOS, 2006; PEREIRA DE CARVALHO; DE OLIVEIRA CARRIJO, 2007). O Proálcool também teve um impacto significativo no desenvolvimento rural, com a criação de 625 mil empregos diretos e 828 mil empregos indiretos em áreas rurais (PEREIRA DE CARVALHO; DE OLIVEIRA CARRIJO, 2007).

Além disso, o Proálcool resultou na inserção maciça e rápida do etanol na matriz de combustíveis do País. Entre 1975 e 1986, a parcela de etanol aumentou de 1,1% para 55,5%, e sua produção chegou a 11 bilhões de litros em 1985, superior às ambições do governo no lançamento do programa (PEREIRA DE CARVALHO; DE OLIVEIRA CARRIJO, 2007). Em 1975, o etanol era derivado principalmente do processamento de melaço residual, um coproduto da indústria açucareira, e em 1985 era produzido a partir do processamento direto da cana-de-açúcar, um produto industrial que absorve 60% da produção de cana do Brasil (DE MORAES; ZILBERMAN, 2014) e determinante do desenvolvimento da indústria canavieira como um todo.

A frota nacional de veículos também foi profundamente alterada. As parte de mercado dos veículos 100% a etanol passou de 0,4% em 1979 a 66% em 1986. Em 1985, a frota brasileira tinha quase 2,5 milhões de veículos movidos 100% a etanol.

Essas transformações tecnológicas indicaram a aquisição de competências tecnológicas do País. O SIT da cana, pelo seu desenvolvimento, confirmou suas capacidades de importação, adaptação, inovação e difusão tecnológica, e inovação política. O Proálcool criou milhares de empregos nas áreas rurais. Ele também levou ao desenvolvimento da agroindústria da cana-de-açúcar, que financiou pesquisas agrônômicas para a melhoria da produtividade, assim como a formação do capital humano do País: técnicos, engenheiros e pesquisadores. Nesse sentido, constituiu uma força motriz para o desenvolvimento nacional.

Mas isso exige uma liderança política complexa e tem um custo. A competição entre energias é acima de tudo a competição entre sistemas tecnológicos que permitem a produção e o consumo dessas energias (FURTADO *et al.*, 2011). A fim de assegurar o desenvolvimento do sistema de tecnologia de energia da cana-de-açúcar, o governo teve que suportar o custo financeiro de sua proteção, e o tempo de sua incubação. Os incentivos fiscais do governo, com preços baixos garantidos para o etanol combustível, foram a principal alavanca para substituição da frota de veículos a combustíveis convencionais pela de combustíveis alternativos. Os empréstimos oferecidos pelo governo no âmbito do Proálcool, para financiar o desenvolvimento industrial do setor, tiveram taxas de juros negativas, dada a inflação da época (FURTADO *et al.*, 2011). Ao longo de três décadas, até 2005, o total desses subsídios foi de cerca de US\$ 30 bilhões. No

entanto, o mercado gerado movimentava hoje cerca de US\$ 20 bilhões por ano na economia e gera cerca de 1 milhão de empregos (GOLDEMBERG, 2017).

4. Pós Proálcool: uma década de crise para o setor de etanol

A partir de 1985, assistiu-se a uma redução consistente dos preços do petróleo, a um aumento da produção nacional de petróleo e a um incremento dos preços internacionais do açúcar. Também, a uma mudança de regime político no Brasil: o regime ditatorial militar foi substituído por um regime presidencialista democrático. A combinação de um contexto econômico desfavorável para a agroenergia e uma crise na economia brasileira empurrou os governos que se sucederam a reduzir seu apoio aos setores agroenergéticos. Nesse período ocorreu a liberalização e a reestruturação competitiva do setor da cana-de-açúcar. O segmento açucareiro foi estimulado pelo crescimento das exportações, mas as cadeias agroenergéticas estavam em crise.

Essa situação conduziu a uma mudança de curso do SIT da cana, que continuou atuante, mas sem ruptura tecnológica, sem introdução de inovação radical, sem inflexão significativa de trajetórias de inovação. As inovações foram incrementais, ao serviço do aumento da produtividade e do rendimento do sistema instalado. Elas foram conduzidas principalmente pelo setor privado, que se organizou para manter a atividade de inovação, apesar da falta de suporte público. O setor da cana-de-açúcar cresceu fortemente durante a década de 1990 graças ao boom no mercado de exportação de açúcar¹⁶, beneficiário dos ganhos de produtividade induzidos pelo Proálcool, e que continuou financiando a dinâmica de inovação.

Para o segmento etanol, a reestruturação foi muito mais dolorosa: mais de 130 destilarias entraram em falência entre 1986 e 1997, de um total inicial de 467 (número de destilarias autônomas ou anexas a usinas) (DE ARRUDA VEIGA FILHO; RAMOS, 2006). No entanto, a mistura mandatória de etanol na gasolina foi mantida durante toda a década de 1990, o que permitiu a sobrevivência da atividade agroenergética.

¹⁶ Entre 1992 e 1999, o Brasil multiplicou suas exportações de açúcar por cinco, se transformando no maior exportador mundial. Em 2004 o País detinha mais de 36% do mercado mundial.

5. *Flex-fuel*, 2003: a consolidação do etanol carburante automotivo

O início dos anos 2000 foi marcado por um aumento sustentado dos preços do petróleo e as previsões de tendência também eram de alta. A indústria açucareira estava madura e seus custos de produção entre os mais baixos do mundo. A cana tornou-se uma matéria-prima que permitia considerar a produção de etanol a preços competitivos com combustíveis convencionais (CASSUTO, 2013). Em 2000, o governo percebeu que a vantagem competitiva conquistada pela indústria açucareira podia ser estendida ao setor de combustíveis. Uma série de decisões marcou o renovado interesse do governo brasileiro no etanol. O Decreto 3.546/2000 criou, no âmbito do Ministério da Agricultura e do Abastecimento, o Conselho Interministerial do Açúcar e do Álcool (CIMA), com o objetivo de deliberar sobre as políticas relacionadas com as atividades do setor sucroalcooleiro, considerando, entre outros, os seguintes aspectos: (i) adequada participação dos produtos da cana-de-açúcar na Matriz Energética Nacional; (ii) mecanismos econômicos necessários à auto-sustentação setorial; (iii) desenvolvimento científico e tecnológico. O decreto refletiu a clara vontade governamental de fortalecer um sistema tecnológico energético alternativo, baseado na exploração de uma matéria-prima renovável e local. Na sequência, entre 2001 e 2003 foram concedidas isenções fiscais ao segmento do etanol combustível.

Nesse contexto regulatório favorável, surgiu a principal alavanca do renascimento do etanol combustível: o motor *flex-fuel*, que aceita indiferentemente etanol ou combustível convencional. Mais uma vez, a adoção de uma nova tecnologia foi responsável pela impulsão do setor canavieiro num novo patamar de mercado, muito superior ao anterior, envolvendo os fabricantes de automóveis e a cadeia produtiva agroindustrial do SIT da cana, sob incentivo do governo.

O motor *flex-fuel* foi desenvolvido no início dos anos 90 pelo Grupo Bosch. Em 1994, o dispositivo *flex-fuel* Bosch tinha sido proposto aos fabricantes de automóveis presentes no mercado brasileiro, mas não despertou interesse na época porque o preço do petróleo estava baixo, o segmento etanol estava em crise e o governo não mostrava sinais de apoio. Mais tarde, em 1998, o grupo Fiat criou seu próprio protótipo de veículo *flex-fuel*, mas pelas mesmas razões, a recepção do produto foi desfavorável no Brasil.

No contexto econômico do início dos anos 2000, de aumento dos preços do petróleo e de perspectiva de preços muito mais competitivos do etanol, graças à competitividade conquistada pela indústria açucareira durante a década anterior, o Grupo Volkswagen estava preparando um novo modelo para distribuição no Brasil: o VW Gol. Em 2002, quando o governo brasileiro anunciou a isenção/redução do imposto sobre produtos industrializados (IPI) para veículos

flex-combustíveis, a VW lançou a produção em grande escala e a distribuição comercial do seu novo modelo, equipado com essa tecnologia. Já em 2003, os consumidores se mostraram rapidamente seduzidos (TORRES DA VEIGA PEREIRA, 2007). Em 2006, todos os fabricantes de automóveis no Brasil já ofereciam modelos *flex-fuel*. Dez anos depois, mais de 60 modelos *flex-fuel* estavam disponíveis no mercado, fabricados por quase vinte fabricantes de automóveis de origem europeia, norte-americana, japonesa, coreana e chinesa. Esse recomeço rápido foi facilitado pela manutenção da infraestrutura de distribuição de etanol instalada durante o Proálcool, em especial as bombas de etanol, que foram mantidas durante a crise do etanol da década de 1990 em 90% dos postos de abastecimento.

O motor *flex-fuel* foi a solução para a crise de confiança dos motoristas brasileiros em relação ao etanol combustível, pois trabalhando bem tanto com o etanol hidratado puro como com a gasolina (no caso brasileiro, misturada com etanol anidro em níveis que evoluíram de 15% a 27,5% atualmente), garante ao motorista uma independência em relação a eventuais crises de um ou outro combustível.

Mais uma vez, o poder público, tanto federal quanto estadual, contribuiu fortemente para criar as condições institucionais e regulatórias que permitiram que os atores da SIT acelerassem a substituição de combustível convencional pelo etanol. Para isso foram estimuladas: (i) oferta, agindo sobre a produção de cana e sua transformação em etanol; e (ii) demanda, incentivando a rápida difusão de veículos *flex-fuel* a partir de 2003. Por exemplo, o crédito público ao setor, a taxas preferenciais, via BNDES, aumentou 800% na década, totalizando quase R\$ 30 bilhões.

Também, no meio da década, foi criada a Embrapa Agroenergia, e até o final dela foram investidos R\$ 80 milhões em pesquisa. As infraestruturas de estocagem e transporte absorveram R\$ 4 bilhões. Diversos estados passaram a ter alíquotas do imposto sobre circulação de mercadorias (ICMS) diferenciadas entre combustíveis renováveis e fósseis. O retorno “acelerado” do etanol combustível atestou a eficácia das políticas públicas de incentivo para implantar a dinâmica tecnológica pretendida. O gráfico 2 ilustra a difusão desta tecnologia dentro da frota brasileira desde 2003.

A expansão do setor de etanol atingiu o pico entre 2005 e 2009: 103 novas usinas foram instaladas no País, uma média de mais de 20 por ano, a grande maioria das quais são plantas autônomas de etanol, sem fábrica de açúcar anexa (INTERNATIONAL SUGAR ORGANIZATION, 2012). A produção de etanol aumentou de 10 bilhões de litros em 2000/01 para 27 bilhões em 2009/10. As exportações de etanol passaram de 516 milhões de litros em 2001/02 para 4,7 bilhões de litros em 2008/09 (IPEA, 2010), quando atingiram o pico, com o Brasil fornecendo mais de 90% do etanol combustível comercializados em todo o mundo.

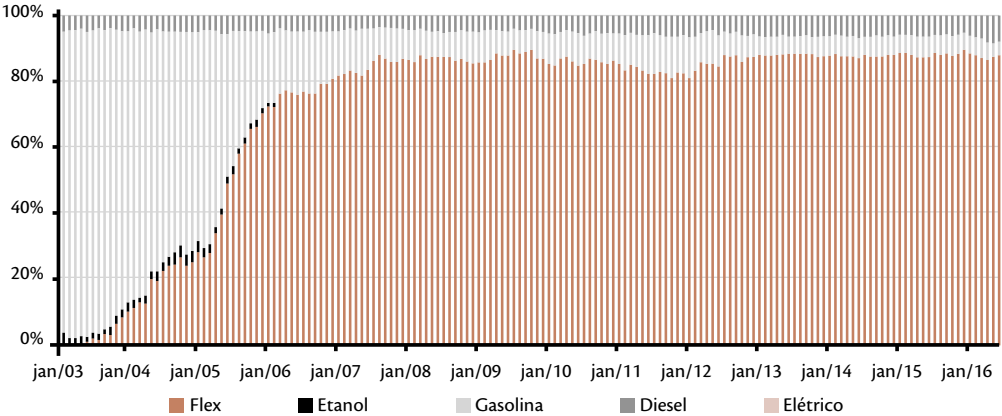


Gráfico 2. Evolução da venda de veículos no Brasil, por tipo de motor, entre 2003 e 2016

Fonte: Ministério de Minas e Energia, 2016; dados da Anfavea.

O etanol tornou-se competitivo com os combustíveis petrolíferos em 2005 (NOGUEIRA; SEABRA; BEST; LEAL; POPPE, 2008). Em 2007, o Brasil produziu etanol a um custo equivalente a US\$ 30 e US\$ 35 por barril de petróleo, cujo preço nos mercados internacionais nessa época era mais de US\$ 60 (NASS; PEREIRA; ELIS, 2007). O contexto econômico internacional suportou essa nova fase de crescimento do SIT da cana, que não precisou do mesmo apoio público do Proálcool, ainda mais porque a infraestrutura do sistema já estava construída, no entanto, o papel do Estado continuava decisivo na orientação do SIT da cana.

O gráfico seguinte mostra a evolução da produção de cana-de-açúcar, açúcar e etanol entre 1975 (data do início do Proálcool) e 2012. Percebe-se o quanto o crescimento do segmento etanol, inicialmente introduzido como ferramenta de suporte à agroindústria canavieira, depende da política pública. As duas fases de forte apoio governamental à agroenergia, entre 1975-1985 (Proálcool) e 2002-2009 (*flex-fuel*), correspondem a um forte crescimento da produção de etanol. Também fica evidente que toda a agroindústria da cana-de-açúcar se beneficiou muito dessas políticas públicas de apoio à agroenergia, pois a produção de cana dobrou no Proálcool e dobrou novamente na primeira década deste século, assim como a do açúcar. Isso confirma a visão inicial dos produtores de açúcar brasileiros que, desde o início do século 20, viram a indústria do etanol como uma ferramenta para o crescimento e a resiliência econômica do setor canavieiro. Percebe-se também que o ano de 2008 marcou o início de uma nova crise para o segmento etanol, ligada à crise financeira e ao colapso dos preços do petróleo, bem como inconsistências no apoio público e prática de preços de petróleo administrados.

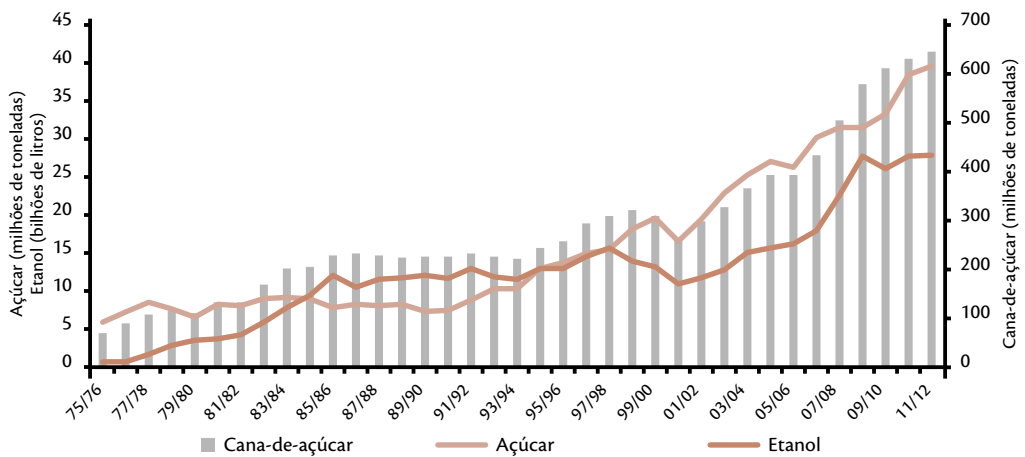


Gráfico 3. Evolução da produção de cana-de-açúcar, açúcar e etanol (anidro e hidratado) entre 1975 e 2012

Fonte: DE MORAES; ZILBERMAN, 2014.

Numerosos autores louvam o efeito sistêmico que o Proálcool e a expansão do etanol combustível provocou na cadeia produtiva da indústria canavieira e na economia brasileira como um todo: “a difusão das inovações foi possível a partir do Proálcool e resultou em menores custos de produção, um aumento geral da competitividade do setor, tendo os avanços tecnológicos beneficiado tanto a indústria açucareira como a indústria do álcool” (FURTADO *et al.*, 2011). “Os progressos realizados pela indústria de bens de capital garantiram um melhor desempenho para a integralidade do setor” (SHIKIDA; PEROSA, 2012). “Nas últimas décadas, o rendimento agrícola da cana-de-açúcar (t/ha) cresceu a uma taxa média anual de 1,4% e a do processamento industrial (litro de etanol por tonelada de cana) de 1,6%, representando um ganho médio anual de 3,1% na produção de etanol por hectare desde o Proálcool” (LYND *et al.*, 2015). Esse aumento de produtividade permitiu reduzir a área plantada por unidade de energia produzida: “graças a esses ganhos de produtividade, a superfície atualmente mobilizada para produção de etanol representa 38% da que seria necessária cultivar no início do Proálcool para obter a mesma quantidade de etanol” (LYND *et al.*, 2015). “Houve no Brasil uma sinergia entre o desenvolvimento dos biocombustíveis e o desenvolvimento social e agrícola; os biocombustíveis têm sido um fator de dinamização da economia rural e de reforço da segurança alimentar” (LYND *et al.*, 2015).

6. Bioeletricidade, anos 2000: um novo segmento de crescimento se abre para o SIT da cana

O apoio público ao setor de cana dizia respeito também ao desenvolvimento de um novo mercado, o da geração de eletricidade a partir da biomassa. Mais uma vez, foi o desenvolvimento tecnológico que garantiu sua emergência e seu crescimento. Historicamente, as usinas usavam lenha¹⁷ para suprir suas necessidades de vapor e energia para o processo produtivo. Depois do Proálcool, o modelo evoluiu gradualmente da dependência de energia externa ao processo (lenha), para a autosuficiência energética, utilizando o bagaço nas caldeiras como fonte de energia, e em seguida para a geração de excedentes comercializados na rede elétrica.

Essa energia elétrica excedente, produzida em sistemas de cogeração (vapor e eletricidade) alimentados com bagaço de cana, começou a ser introduzida na rede elétrica, marginalmente, no final da década de 1980. Demorou um certo tempo para as usinas aferirem o potencial energético do bagaço como combustível nas unidades de cogeração desenvolvidas no Brasil a partir de tecnologias importadas. Assim, a bioeletricidade excedente da cogeração torna-se mais um desenvolvimento tecnológico que vem diversificar as oportunidades de negócios na indústria da cana-de-açúcar e aumentar seus fluxos de receita. Foi principalmente a evolução do quadro institucional que regula o mercado da eletricidade e que rege os auxílios ao investimento no setor de energia, que estimulou os vários avanços tecnológicos vivenciados pelo setor.

Os primeiros incentivos públicos remontam à década de 1990. Primeiro, foi criado o estatuto de “produtor independente de eletricidade” (PIE), que permite às usinas revender o excedente de produção de eletricidade para a rede. Na década seguinte, uma série de reformas de liberalização do setor elétrico, por um lado, e o apoio ao desenvolvimento da produção de bioeletricidade, por outro lado, permitiram o surgimento de um mercado real de eletricidade de cana-de-açúcar e estimularam a difusão de tecnologias adequadas. Em 2001, o governo suscitou a adoção de contratos de longo prazo (15 anos) para compra da eletricidade gerada a partir de biomassa. Essa característica contratual garantiu receita, atraiu investidores e estimulou o financiamento de plantas de cogeração associadas a usinas sucroalcooleiras (SEABRA; MACEDO, 2011).

Além disso, por intermédio do BNDES, o governo brasileiro criou o Programa de Apoio à Cogeração de Energia Elétrica a partir de Resíduos da Cana-de-açúcar, um conjunto de linhas de crédito a taxas e condições preferenciais para as usinas que investissem em plantas de cogeração de alta eficiência. Pelo lado da demanda, o Programa de Incentivo a Fontes Alternativas (Proinfa)

17 Em 1940, a lenha representava 80% da matriz energética do País, reduzida atualmente a 8% (lenha e carvão vegetal).

realizou leilões e contratos de compra de energia gerada a partir de fontes renováveis, inclusive bioeletricidade. Finalmente, foram facilitadas as condições de acesso à rede para receber a eletricidade excedente de usinas sucroalcooleiras (SEABRA; MACEDO, 2011). Em 2007, a política de desenvolvimento da bioeletricidade se voltou para a renovação de usinas de cogeração existentes e na sua substituição por plantas de cogeração de alta eficiência. O BNDES ampliou o programa de empréstimos bonificados oferecidos aos industriais do setor, conduzindo a um salto no nível de desempenho dos equipamentos instalados: a partir daí, as novas instalações energéticas foram todas com sistemas de alto rendimento.

A bioeletricidade tornou-se então um terceiro produto, segundo energético, em grande escala, do setor canavieiro, após o açúcar e o etanol, e se incorporou integralmente no modelo de negócios e na rentabilidade da indústria da cana-de-açúcar. A comercialização de eletricidade, que em 2007 representou em média 1 a 2% do faturamento das usinas, foi de 16% em 2015, segundo o BNDES. Ela representou 7% da matriz elétrica do País em 2016. As melhorias tecnológicas das usinas e das unidades de cogeração devem permitir ampliar o excedente de eletricidade de 80 kWh por tonelada de cana processada para mais de 200 kWh no horizonte 2030, passando de 2,5 a 5 GW médios de energia injetados no sistema interligado nacional (SIN).

7. Inovação varietal da cana-de-açúcar: um dos principais fatores de sucesso do modelo brasileiro

Outra tecnologia que está no cerne do sucesso do modelo brasileiro diz respeito à própria cana-de-açúcar. A mobilização de produtores de cana em torno da inovação varietal foi formadora do SIT da cana. Novamente, a associação de esforços dos setores privado e público permitiu que os principais progressos fossem realizados. Os laboratórios de genética vegetal e de inovação em variedades de cultivares estão no cerne do mecanismo de formação de capital humano brasileiro.

Desde a década de 1920, o SIT da Cana começa a construir suas competências em inovação varietal, em torno da resposta à crise do vírus mosaico da cana-de-açúcar. Em 1923, a região de São Paulo perdeu 75% de suas colheitas de cana por causa do mosaico. O Estado de São Paulo financiou então a criação da estação de experimentação de cana-de-açúcar de Piracicaba (EECP), na Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ), ainda hoje uma referência internacional em agricultura tropical, com o objetivo de criar variedades de cana-de-açúcar resistentes ao vírus. A ação da EECP, respondendo a restrições de tempo extremamente rigorosas, privilegiou o método de seleção varietal.

O modo de funcionamento da EECF, um centro público, trabalhando em colaboração com os produtores privados de cana, permitiu uma difusão particularmente efetiva das inovações tecnológicas. Os produtores empregaram funcionários especificamente dedicados a garantir a absorção das inovações tecnológicas e dos novos conhecimentos desenvolvidos pela EECF (DUNHAM *et al.*, 2011). Isso provou ser muito eficaz: entre 1926 e 1932 as variedades de cana Preta e Rosa, suscetíveis ao vírus do mosaico, foram totalmente substituídas por variedades desenvolvidas na EECF, resistentes ao vírus mosaico (OLIVER; SZMÉCSÁNY, 2003).

Essa maneira de atuar, baseada na cooperação entre empreendedores privados e um centro de pesquisa público, inédito no Brasil (DUNHAM *et al.*, 2011), deu origem a uma cultura de colaboração e compartilhamento de informação entre os vários atores do SIT da cana, que contribuiu fortemente às funções de inovação e difusão tecnológica do SIT. Essa operação ilustra a forma como o SIT da cana tem contribuído para a estruturação das habilidades tecnológicas do capital humano brasileiro.

Em 1935, o papel da EECF passou a ser desempenhado pelos programas de pesquisa do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC). O objetivo passou a ser produzir variedades de cana com maiores rendimentos e resistência a diferentes formas de patologia. O modo de experimentação, baseado na colaboração com produtores privados, foi mantido e incrementado pelo IAC. Em pouco tempo, essas colaborações - espalhadas pelo território - permitiram ao IAC desenvolver variedades de cana-de-açúcar especificamente adaptadas aos diferentes tipos de solo e clima do Estado de São Paulo. Sua pesquisas foram realizadas de tal forma que as inovações desenvolvidas fossem facilmente replicáveis nas empresas parceiras e nos clientes, permitindo uma difusão eficiente e uma boa absorção das tecnologias desenvolvidas no Instituto (DUNHAM *et al.*, 2011). Ao adaptar as variedades de cana às especificidades locais do capital natural solo, a abordagem do IAC ilustra a maneira como o País conseguiu mobilizar suas habilidades tecnológicas para construir progressivamente uma vantagem econômica competitiva.

As incitações de natureza política também orientaram as trajetórias tecnológicas de inovação varietal. Nos anos 1965, o IAA alterou a regra de fixação dos preços da cana-de-açúcar: a partir de então, o preço passou a ser determinado de acordo com o teor de açúcar da cana, não do seu peso. Essa mudança melhorou a qualidade da cana-de-açúcar e passou a orientar a inovação para a criação de variedades de cana com alto teor de açúcar (DE MORAES; ZILBERMAN, 2014). Em 1970, o IAA investiu na criação de um importante programa de pesquisa e melhora das variedades de cana-de-açúcar: o Planalsucar. Sua criação fortaleceu a coordenação público-privada dos esforços de pesquisa varietal. Com as mudanças políticas dos anos 1990, que levaram à extinção do IAA, as atividades do Planalsucar foram assumidas por um consórcio

de laboratórios agrônômicos de universidades públicas federais (inicialmente seis, atualmente dez) denominada Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroenergético (RIDESA). Suas variedades, de sigla RB, são cultivadas em mais de 65% da área plantada com cana-de-açúcar no País, contribuindo com cerca de 12,3% da matriz energética do Brasil.

Também em 1970, foi fundado o Centro de Tecnologia da Coopersucar (CTC)¹⁸, primeiro centro de pesquisas criado por uma cooperativa privada de produtores, a Coopersucar, que se desenvolveu graças a parcerias com o IAA e depois com o IAC¹⁹. Ele foi instalado em Piracicaba, o centro geográfico do que se tornou o cluster industrial da cana no Brasil. Com o passar do tempo se expandiu fora da Cooperativa, tornando-se o Centro de Tecnologia Canavieira, privado, mas com participação pública no capital, do Banco Nacional de Desenvolvimento (BNDES), e na orientação dos programas de P&D.

Entre 1995 e 2006, o trabalho dos diversos centros especializados de pesquisa sobre a criação de novas variedades de cana-de-açúcar, e que “herdou” a cultura introduzida pela EECF, permitiu a criação de 82 novas variedades de cana, participando de um aumento anual médio de produtividade de 1% durante este período (PARAIZO, 2013). Mais de 500 variedades de cana-de-açúcar estão disponíveis no mercado, 20 delas respondem por 80% da área plantada. Atualmente, os programas de cultivares de cana mais importantes no país são os da RIDESA, CTC, IAC, Canavialis e, mais recentemente, Vignis, que desenvolve novas variedades de canas de alto conteúdo em fibras, conhecidas como cana-energia. Essas novas variedades, menos exigentes em termos de solo e clima, permitem implantar culturas energéticas altamente produtivas, que podem atingir mais de 200 t/ha e podem ser plantadas em terras degradadas, contribuindo para sua recuperação.

O advento da cana-energia, com alto potencial de aumento expressivo da produção de biomassa, ofereceu um novo cenário, que atendeu o desenvolvimento do etanol celulósico, ou de segunda geração (E2G), e das biorefinarias, com múltiplos ganhos: energéticos sem dúvida, mas também benefícios econômicos, sociais e ambientais. Essa foi a aposta do BNDES, que em conjunto com a

18 A criação do CTC resulta da iniciativa da Copersucar em 1968 de trazer um especialista internacional em genética da cana-de-açúcar, o geneticista havaiano Dr. A.J. Mangelsdorf, para criar um programa de melhoramento genético que beneficiaria os membros da cooperativa.

19 Desde a década de 1970, um acordo de cooperação permitiu ao IAC operar parte da Estação de Inovação Varietal Camamu pertencente ao CTC. Camamu tem a distinção de estar localizado em uma latitude ideal para a floração da cana-de-açúcar, condições ideais para a criação de novas variedades de cana-de-açúcar por cruzamentos. Como parte deste acordo de cooperação, o IAC organizou a transferência de 678 novas variedades de cana importadas do exterior, tornando-se o maior banco de genes de cana-de-açúcar do mundo, um centro estratégico para inovação varietal da cana-de-açúcar (FIGUEIREDO, 2010), citada por (CARVALHO; FURTADO, 2013).

FINEP implantou o Plano de Apoio à Indústria Sucroenergética e Sucroquímica (PAISS), apoiado em parcerias público-privadas (PPP) que fomentaram o desenvolvimento da cana-energia, e a instalação no País das primeiras duas unidades de produção de E2G em escala comercial.

8. Agroecologia: mais uma guinada do SIT da cana

Outro evento, mais “sistêmico”, cuja origem remonta à década de 1990, vem dar início a uma nova transformação do modelo da agroindústria canavieira, que se desvendou na segunda metade da 1ª década deste século: a mecanização da cultura da cana, que gerou um novo produto, a palha da cana-de-açúcar. Essa biomassa deixada no chão pela mecanização da cultura de cana foi o ponto de partida de uma nova mudança tecnológica e cultural muito mais ampla no SIT da cana: a transição agroecológica. Ela consistiu de duas grandes vertentes, a primeira foi a colheita mecânica, e a segunda foi a passagem à agricultura sobre cobertura vegetal (SCV) e o cultivo direto. Cada uma dessas vertentes transformou a cultura da cana-de-açúcar em uma alavanca para regenerar solos tropicais degradados.

Como para as outras reviravoltas do modelo, essa também foi impulsionada, orientada e apoiada pelo governo. Mas dessa vez ela foi singular em sua natureza e ambição: seu objetivo era a conversão agroecológica do modelo brasileiro de cana-de-açúcar. O objetivo ambiental apoiava na realidade uma ambição industrial, de garantir a sustentabilidade do modelo, inicialmente reforçando a vantagem comercial do etanol de cana, assegurando que ele atendesse aos critérios sociais e ambientais dos mercados de importação globais.

Em 2007 o Brasil estava produzindo etanol a um custo entre US\$ 30 e US\$ 35 por barril de petróleo, folgadoamente rentável mesmo sem subvenção (NASS; PEREIRA; ELLIS, 2007), em um clima econômico global de ansiedade em relação ao aumento dos preços do petróleo. A fim de limitar a dependência das importações do Golfo, os principais países importadores, principalmente a Europa²⁰ e os Estados Unidos²¹, consideraram seriamente o aumento da incorporação de biocombustíveis no seu *mix* de combustível. O Brasil vislumbrou então a oportunidade de se posicionar como o principal fornecedor de um novo mercado global de

20 A diretiva de 2003, que impôs aos países membros da União Europeia de fixar objetivos nacionais para os biocombustíveis contribuindo para o objetivo comunitário de 5,75% até 2010, foi acompanhada em 2009 de exigências de sustentabilidade.

21 O *Energy Independence and Security Act* estipulou a meta de 136 bilhões de litros de etanol em 2022 (KAUP; NITSCH; MENEZES, 2011), sendo 14% biocombustíveis avançados, ou seja capazes de reduzir de pelo menos 50% as emissões de CO₂ em relação à gasolina, categoria em que o etanol de cana se enquadra (GOLDEMBERG, 2008; NOGUEIRA; SEABRA; BEST; LEAL; POPPE, 2008).

biocombustíveis, a partir do desenvolvimento maciço do seu segmento etanol, que dispunha de fortes margens de crescimento da sua produção. Garantir um etanol sustentável, social e ambientalmente, era condição indispensável ao sucesso da expansão internacional.

Nesse contexto, o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE)²², em parceria com o Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético (NIPE) da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), realizou uma série de estudos que convergiram em 2007 numa estratégia a ser implementada para produzir biocombustíveis em quantidade suficiente para atender à demanda global esperada, com qualidade correspondente aos critérios dos mercados europeu e norte-americano. Suas conclusões estão na origem da presente transição agroecológica do SIT brasileiro da cana-de-açúcar. Na sua esteira outros trabalhos foram elaborados, considerando que os impulsionadores dessa mudança são duplos: a aceleração da mecanização, porque permite interromper a prática de queimar o canavial antes da colheita e o desenvolvimento de um modelo intensivo de cultura agroecológica, baseado no cultivo sob cobertura vegetal.

Em 2008, confirmando seu anseio de difusão global dos biocombustíveis, o governo brasileiro organizou a Conferência Internacional de Biocombustíveis, com cinco dias de duração, os dois últimos dedicados a um segmento intergovernamental de Alto Nível, acolhendo representantes de governos de uma centena de países e de organismos internacionais. Na ocasião foi lançada a obra *Bioetanol de Cana-de-Açúcar: Energia para o Desenvolvimento Sustentável*, publicada pelo BNDES e o CGEE, com revisão da CEPAL e da FAO, editada em quatro línguas: português, espanhol, francês e inglês. Sua publicação visava compartilhar globalmente a experiência brasileira com a valorização energética dos produtos da cana.

8.1. O CTBE

Para dotar o SIT da cana dos meios de atingir sua ambição, o governo brasileiro encomendou ao CGEE o desenho de uma ferramenta de pesquisa, experimentação e difusão das inovações necessárias para a transição ecológica da cultura da cana: o Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE), integrante do Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM), localizado em Campinas, no estado de São Paulo, inaugurado em 2010. Suas instalações são abertas a usuários empresariais e tecnológicos: produtores, indústria de equipamentos e máquinas agrícolas, academia e órgãos financiadores parceiros da agenda de pesquisa e desenvolvimento do Centro.

22 Organização Social cujo Contrato de Gestão com o Estado Brasileiro é supervisionado pelo Ministério de Ciência Tecnologia e Inovação.

O CTBE, criado como centro de pesquisa dedicado a explorar novas oportunidades de inovação na agroenergia canavieira, se organizou para melhorar a produção e o processamento da cana, e o desenvolvimento de biorefinarias. Na produção ele analisa operações de trato de soqueiras e transporte, plantio e colheita da cana com mecanização de baixo impacto que contemple redução do pisoteio do solo pelas máquinas, viabilização do plantio direto sobre a palha, desenvolvimento de processos alternativos de plantio e colheita, e aumento da eficiência nutricional da cana-de-açúcar com emprego da agricultura de precisão. No que diz respeito ao processamento para conversão de biomassas em produtos de interesse industrial, sua atuação envolve engenharia bioquímica, metabólica e de bioprocessos, biocatálises, catálises químicas, separações físico-químicas, etc.; isso para estabelecer rotas de processamento de material lignocelulósico em biocombustíveis, novos materiais, intermediários químicos, etc.; para tal, o CTBE dispõe de uma Planta Piloto para Desenvolvimento de Processos que examina rotas tecnológicas de produção de etanol e outros compostos derivados da biomassa. A Biorefinaria Virtual de Cana-de-açúcar (BVC), ferramenta de simulação computacional do Centro, é voltada para otimizar conceitos e processos presentes em uma biorefinaria: avaliar os aspectos de sustentabilidade (econômicos, ambientais e sociais) de diferentes arranjos produtivos; analisar o estágio de desenvolvimento de novas tecnologias de produção de etanol celulósico (segunda geração) e produtos derivados para química verde; entre outras, emprega metodologias como Matriz Insumo Produto e Análise de Ciclo de Vida.

8.2. Colheita mecânica

O abandono gradual da colheita manual e da prática à ela associada de queima prévia do canavial, substituída pela colheita mecânica, foi motivado por reivindicações ambientais e de saúde pública que remontam ao final da década de 1990²³. Em resposta às queixas da sociedade civil sobre o incômodo causado pelos incêndios de cana, os governos do estado de São Paulo e federal, tentaram várias vezes legislar para impedir a prática da queima, até que em 2007 os empresários do setor se convenceram a aceitar a antecipação de 2021 para 2014 da obrigação de operar 70% da transição colheita manual-mecânica. O novo acordo foi um sucesso: em São Paulo, maior produtor, a mudança atingiu 80% da área colhida em 2012 e chegou a praticamente 100% em 2014 (JORNAL DA CANA, 2015).

A colheita mecânica sem queima dos campos permite deixar no chão entre 10 e 20 toneladas de resíduos vegetais de cana-de-açúcar por hectare, essencialmente palha, contra três toneladas em colheita manual (DE OLIVEIRA; TRIVELIN; PENATTI; DE CÁSSIA PICCOLO, 1999; DEZA *et al*,

23 Além de que as condições de trabalho muito difíceis dos cortadores de cana e a precariedade de seus empregos serem alvo de fortes críticas por associações de direitos humanos e outras.

2005; VITTI *et al.*, 2011). Essa palha representa 1/3 do potencial energético total da cana-de-açúcar. Com o incremento das tecnologias para recuperação de energia da cana, o conteúdo energético dessa palha pode ser rapidamente valorizado como combustível em centrais de cogeração e em reatores de hidrólise celulósica para produção de combustíveis líquidos (etanol, diesel, querosene de aviação). A diversificação dos usos potenciais aumentou a pressão competitiva sobre a mobilização de palha como insumo.

O aparelho de inovação tecnológica do SIT da cana se mobilizou para sua valorização visando, entre outras rotas tecnológicas, adaptar as câmaras de combustão das centrais de cogeração para serem alimentadas com o novo produto. Assim nasceu o Projeto Sucre, do CTBE, que visa o aproveitamento da palha da cana-de-açúcar para geração de bioeletricidade no setor sucroenergético. Como nas ocasiões anteriores de introdução de inovação pelo SIT da cana, a equipe do Projeto tem trabalhado junto com as usinas parceiras, fabricantes de equipamentos e equipes de universidades públicas para solucionar os gargalos tecnológicos dessa trajetória.

Mas essa valorização energética é tributária da determinação da quantidade ideal de palha a ser deixada no campo, componente agrônomo do Projeto Sucre. A palha de cana-de-açúcar constitui o essencial dos resíduos vegetais que fornecem o expressivo potencial do sistema de plantio SCV. Do ponto de vista agrônomo, a quantidade de palha que é apropriada deixar no solo não é a mesma nas diferentes áreas de cultivo da cana-de-açúcar. Esse ótimo difere de acordo com cada região, em função das características do território, das especificidades do capital natural local, mas também das infraestruturas de produção e transformação de energia. Um bom conhecimento dos sistemas de produção SCV permite avaliar o ótimo econômico e ecológico para a taxa de supressão de palha. A definição contribui para o desenvolvimento da “inteligência do território” que o SIT da cana aporta ao País.

Mas as vantagens da colheita mecânica de cana-de-açúcar são parcialmente comprometidas pela compactação do solo, redução significativa da sua porosidade, que atinge entre 48,6% e 39,8% nos primeiros 5 cm (BOLONHEZI, 2013). Ela destrói seu ecossistema vivo, que garante sua fertilidade, e a produtividade agrícola diminui. A compactação do solo provocada pelo tráfego de veículos nos canaviais atinge uma profundidade de 40 cm (HÅKANSSON; VOORHEES; RILEY, 1997; VASCONSELOS, 2002).

Outra missão do CTBE então é conceber uma máquina leve – para limitar a compactação do solo – e capaz de plantar a cana-de-açúcar sem cultivo (sem revolver o solo) em condições industriais. Esse novo maquinário agrícola é necessário para reverter o paradoxo cultural da cana-de-açúcar: ao importar métodos e ferramentas agrícolas dos países de clima temperado, os países tropicais amoldaram seus solos e culturas a máquinas e práticas que não foram projetadas

para eles. O desafio para o CTBE é corrigir essa contradição, invertendo a lógica equivocada e adaptando máquinas e métodos de cultivo às especificidades dos solos tropicais. Fiel ao método SIT brasileiro da cana, o projeto, desenvolvido no CTBE pela unidade de pesquisa mecanização de baixo impacto, combina pesquisa pública e indústria privada.

A máquina em questão é conhecida, de acordo com a sua função, como Estrutura de Tráfego Controlado (ETC), pois ela traz como principal inovação uma redução drástica da superfície de rodagem dos pneus e, assim, da área compactada. A ETC possibilita a realização de todas as operações culturais de plantio, adubação e colheita. Em comparação com as máquinas agrícolas convencionais, ela reduz a superfície do solo compactado de 60% para 13%. O projeto tem financiamento de R\$ 16 milhões com recursos do Fundo Tecnológico do BNDES. O parceiro empresarial é a Jacto, fabricante de equipamentos agrícolas. O objetivo é a produção em escala comercial de máquinas agrícolas em 2019. De acordo com simulações de CTBE, a ETC deverá permitir uma redução geral no custo da colheita de 50%. Em termos de consumo de combustível, a ETC permite reduzir de 1 a 0,6 litros de diesel o consumo na colheita de uma tonelada de cana. Além disso, a capacidade de colheita diária é planejada em 3.000 toneladas, contra 700 toneladas para máquinas convencionais.

8.3. O capital natural solo

A palhada assim deixada no campo, detritos da colheita, protege o solo da erosão e restaura sua fertilidade natural. Esse é o ponto de partida para a transição agroecológica do modelo, que permite a reconstituição das terras tropicais, para restaurar o capital natural solo. Essa camada de vegetação mantém um microclima: as amplitudes térmicas do solo são reduzidas, o teor de água e de matéria orgânica são aumentados em 50% e 25%, respectivamente, no nível do solo superior (DE SOUZA *et al.*, 2005). A cobertura de matéria orgânica deixada no chão também atua como uma esponja, diminuindo a velocidade de infiltração de água no solo, o que limita o escoamento superficial e permite que ele armazene mais humidade (GARBIATE; VITORINO; TOMASINI; BERGAMIN; PANACHUKI, 2011). A palha limita o impacto desestruturante das gotas de chuva e o efeito erosivo do escoamento superficial (COGO; LEVIEN; SHWARZ, 2003). Essas melhorias físicas e orgânicas no solo se traduzem em aumento da produtividade agrícola (TIM, 2002).

O cultivo do solo é um método importado da agricultura de clima temperado que aumenta temporariamente a fertilidade do solo através do armazenamento de carbono orgânico, estimula sua respiração e a mineralização do carbono incorporado. Esse método é adequado para aqueles solos, mesmo se os empobrece no longo prazo. Em climas tropicais, a mineralização do solo

já é muito rápida mesmo sem cultivo, e sua lavragem o expõe ao esgotamento e destruição por erosão acelerada. Em média a cada cinco anos a prática da aragem esvazia o solo de seu estoque de carbono orgânico transformando-o em carbono atmosférico. O revolvimento da terra de uma lavoura de cana (aragem pré-reforma) resulta na emissão de 8,4 toneladas de CO₂ por hectare (LA SCALLA *et al.*, 2006 citado por CARVALHO; BRAUNBECK; CHAGAS, 2012).

A agricultura sem lavoura, sobre cobertura vegetal (SCV), é mais adaptada aos solos tropicais, permite manter no solo uma camada de matéria vegetal, uma massa orgânica que protege o solo e o enriquece quando se decompõe. Ela restaura o solo e armazena CO₂ atmosférico. As plantações SCV são associadas a uma rotação de culturas: a cada cinco anos, um ciclo de cultivo de um ano de leguminosas permite enriquecer naturalmente o solo com nitrogênio extraído da atmosfera. Mas, para ser aplicado ao cultivo de cana-de-açúcar, o método de cultivo SCV requer a invenção de procedimentos e tecnologias especificamente adaptados à cana-de-açúcar, desafio a ser enfrentado pelo SIT da cana. A transição para uma agricultura SCV e sem preparo direto permite perpetuar os benefícios da manutenção da cobertura orgânica proporcionada pela mecanização. Os benefícios para o solo são vários.

Em nível físico, a camada de resíduos vegetais deixada no chão atua como um manto protetor, reduz a ação destrutiva dos pingos de chuva e o escoamento, que remove matéria orgânica e nutrientes (P, K, Ca, Mg) (GARBIATE; VITORINO; TOMASINI; BERGAMIN; PANACHUKI, 2011). A porosidade dos solos é melhorada e sua capacidade de armazenamento de água aumenta (SPAROVEK; SCHNUG, 2001; DE SOUZA *et al.*, 2005). O aumento das micro e macro porosidades do solo se traduz pela redução da erosão de um fator 10 (PROVE *et al.*, 1995, citado por BOLONHEZI, 2014).

Pelo lado químico, os solos são menos ácidos e possuem maior disponibilidade de fósforo, fosfato, cálcio e magnésio. O nitrogênio do solo também aumenta (SOUZA *et al.*, 2012; FRANCO; VITTI; FARONI; CANTARELLA; TRIVELIN, 2007). Passa de 1,13 g/kg em solos submetidos a um sistema de colheita convencional para 2,10 g/kg em solos sujeitos a um sistema de colheita mecanizada, a comparar com 3,14 g/kg em solo florestal (SOUZA *et al.*, 2012).

Do ponto de vista biológico, a análise das frações dos diferentes tipos de carbono orgânico indica que o solo é mais rico em nutrientes, têm mais vida, mas acima de tudo sua fertilidade é mais resiliente. Os solos podem alimentar as plantas por mais tempo, proporcionando-lhes nutrientes de forma mais consistente e durante um período de tempo mais longo (SOUZA *et al.*, 2012). Isso também se reflete no aumento da sua capacidade de fornecer os serviços ecossistêmicos de armazenamento e purificação da água, e manutenção da biodiversidade.

Em se tratando de métodos culturais recentes, alguns riscos são apontados, tais que: (i) aumento da incidência de ervas daninhas, requerendo o uso de herbicidas químicos, com efeitos perigosos sobre o meio ambiente e a saúde humana (MACEDO; BOTELHO; CAMPOS, 2003); (ii) incremento de incêndios (ROSSETTO; CANTARELLA; DIAS; LANDELL; VITTI, 2008); e (iii) fraco enraizamento, provocando instabilidade das plantas e dificuldade para a colheita mecânica (VASCONSELOS, 2002; MAGALHÃES et al., 2012). Embora não negligenciáveis, os riscos identificados são baixos para um modelo ainda em fase embrionária, especialmente comparando-se às vantagens já mencionadas. Eles fazem parte dos ajustes que qualquer sistema tecnológico tem que realizar durante o período de aprendizagem, tarefa para o SIT da cana.

O enriquecimento do solo em carbono mostra que a transição agroecológica experimentada no Brasil para a cana-de-açúcar possibilita que os solos funcionem como dissipador de CO_2 atmosférico. Diferentes estudos medem o enriquecimento em carbono de solos de canaviais convertidos em cultura SCV e cultivo direto. Os resultados desses estudos convergem em torno de 1,5 toneladas de carbono armazenado por ano e por hectare, equivalente a 6 toneladas por ano por hectare de CO_2 atmosférico (SEGNINI, 2007, citado por BOLONHEZI, 2014; CERRI *et al.*, 2004). Em terras onde a prática de queima do canavial foi abandonada por oito anos foi medida uma taxa média anual de acúmulo de carbono nos primeiros 20 cm de solo de 122 g.m^{-2} de solo, equivalente a 4,4 t/ha/ano de armazenamento de CO_2 (GALDOS *et al.*, 2009).

A dinâmica de armazenamento de CO_2 perdura até que a respiração dos micro-organismos do solo gerem tanto carbono atmosférico quanto o solo é capaz de absorver; o solo está então em equilíbrio. Esse estado de equilíbrio depende das condições climáticas e do regime de exploração do solo, podendo durar entre várias décadas até vários séculos. Assim, os solos sujeitos a uma transição para cultura SCV são em princípio capazes de se comportar como sumidouros de carbono atmosférico por décadas ou por séculos.

8.4. Performance agrícola

As melhorias da estrutura físico-química e da biologia do capital natural solos são agronomicamente traduzidas por um aumento nos rendimentos de 15% a 36%, dependendo dos estudos²⁴, resultando numa agricultura mais eficiente. A massa de raiz da cana também aumenta em torno de 1,7 t/ha (BOLONHEZI, 2014).

²⁴ 15% (BOLONHEZI, 2013); 36% (DUARTE JÚNIOR; COELHO, 2008); Outros (CARVALHO; BRAUNBECK; CHAGAS, 2012; CASTRO FILHO; MUZILLI; PODANOSCHI, 1998; VEZZANI & MIELNICZUK, 2011).

O resultado econômico também é favorável aos sistemas de cultivo sobre cobertura vegetal. A abolição da operação de lavra permite uma redução no consumo de combustível da ordem de 75% em relação à agricultura convencional (HALPING, 2011, citado por BOLONHEZI, 2014).

As culturas SCV conduzem a uma diminuição da dependência de insumos químicos e, portanto, um menor custo de produção: a redução medida no cultivo de cana-de-açúcar no Brasil é de 13 a 28% em comparação com o método convencional.

Além de ser mais produtiva, a agricultura SCV também é mais exigente em termos de capital humano e conhecimento aprofundado das especificidades locais do capital natural. Essa construção conjunta dos diferentes componentes do capital, humano e natural, é uma contribuição formidável do SIT da cana para os desafios de desenvolvimento do País.

8.5. RenovaBio

Um novo ciclo de desenvolvimento dos biocombustíveis se prepara no País respaldado pela Lei no 13.576 de dezembro de 2017, que dispõe sobre a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio). Essa nova política é composta por ações, atividades, projetos e programas, voltados para viabilizar uma oferta de energia cada vez mais sustentável, competitiva e segura, observados os seguintes princípios: (i) previsibilidade para a participação dos biocombustíveis na matriz energética, com ênfase na sustentabilidade da agroindústria e na segurança do abastecimento; (ii) resguardo dos interesses do consumidor quanto a preço, qualidade e oferta de produtos; (iii) eficácia dos biocombustíveis em contribuir para a preservação ambiental, mitigação efetiva de poluentes locais e de emissões de GEE, em atendimento aos compromissos do País no âmbito do Acordo de Paris sob a Convenção do Clima (UNFCCC); (iv) contribuição do mercado de biocombustíveis para a geração de emprego e renda, inclusão econômica e social, e para o desenvolvimento regional, bem como para a promoção de cadeias de valor relacionadas à bioeconomia sustentável, atendendo a vários dos objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS) da Agenda 2030 acordada nas Nações Unidas; (v) avanço da eficiência energética na produção, na comercialização e no uso de biocombustíveis em veículos, máquinas e equipamentos, inclusive com mecanismos de avaliação de ciclo de vida; e (vi) impulso ao desenvolvimento tecnológico e à inovação, visando consolidar a base tecnológica, aumentar a competitividade, e acelerar a inserção comercial de biocombustíveis avançados e de novos bioprodutos.

A lei é regulamentada pelo Decreto 9.308 de março de 2018, que trata da definição das metas compulsórias anuais de redução de emissões de GEE para a comercialização de combustíveis,

a serem desdobrada pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) em metas individuais, aplicadas a todos os distribuidores de combustíveis, proporcionais à respectiva participação de mercado na comercialização de combustíveis fósseis no ano anterior. Ele institui o Comitê RenovaBio, composto por representantes de cinco ministérios, assim como convidados de órgãos da administração pública federal, estadual e municipal, de entidades públicas e privadas do mercado de biocombustíveis, e técnicos e especialistas do setor.

A implementação plena do RenovaBio está prevista para 2020, utilizando como ferramentas (i) as adições compulsórias de biocombustíveis aos combustíveis fósseis; (ii) os incentivos fiscais, financeiros e creditícios; (iii) os Créditos de Descarbonização (CBIO), a serem emitidos por banco ou instituição financeira contratados, e negociáveis em mercados organizados, inclusive por meio de leilões; e (iv) a Certificação da Produção Eficiente (energética-ambiental) de Biocombustíveis, com base na diferença entre a intensidade de carbono estabelecida no processo de certificação pelas firmas inspetoras (organismos credenciados), e a intensidade de carbono do combustível fóssil substituto.

Como resultado, espera-se que a oferta de etanol atinja de 43 a 54 bilhões de litros em 2030, contra os atuais 27 bilhões de litros. Investimentos da ordem de R\$ 70 bilhões são previstos, no campo e na indústria. Adicionalmente, o processamento da vinhaça e da torta de filtro pode permitir que sejam gerados de 7 a 8 MMNm³ de biogás nesse horizonte. A participação do biodiesel, cujo percentual mandatório de mistura no diesel foi elevado para 10% em março de 2018 e deve aumentar progressivamente até 15%, também deve crescer significativamente, evoluindo de 5,7 para 11 bilhões de litros.

9. Conclusão

As bioenergias foram criticadas pelo risco de seu desenvolvimento exercer pressão sobre a segurança alimentar. Além disso, diversas tentativas de desenvolver cadeias de abastecimento agro-energético foram desencorajadas pela queda nos preços do petróleo. No entanto, esta análise mostra que as agro-energias têm sido no Brasil uma ferramenta para apoiar um setor agrícola com foco alimentar, e que elas têm progredido no sentido de serem competitivas com os combustíveis fósseis. Nessas condições, as agro-energias reforçam de fato a segurança alimentar.

Além disso, seu desenvolvimento permitiu ao Brasil estruturar um Sistema de Inovação Tecnológica através do qual o País adquiriu progressivamente habilidades tecnológicas

expressivas. O SIT da cana assegurou as funções de importação, adaptação, difusão e inovação tecnológica, na medida em que tem sido um motor de desenvolvimento para o País. Através do SIT da cana, o Brasil adquiriu o domínio das trajetórias tecnológicas das indústrias do setor e conseguiu direcioná-las para responder às diferentes crises atravessadas. A última mudança no modelo é a conversão agroecológica do modelo de produção de cana-de-açúcar: após a formação de capital humano e técnico, o SIT da cana restaura o capital natural solo.

A introdução de matérias-primas, processos e produtos inovadores, como a cana-energia, materiais lignocelulósicos, etanol 2G e biogás pode reforçar o desempenho positivo dos biocombustíveis, melhorando a performance econômica para atender a necessidades sociais mais amplas, permitindo ao mesmo tempo, a mitigação climática de forma muito mais efetiva. As emissões evitadas pelo uso de etanol, biodiesel e bioeletricidade da cana em 2017 foram respectivamente de $47 \text{ MtCO}_{2\text{eq}}$, $10 \text{ MtCO}_{2\text{eq}}$ e $3 \text{ MtCO}_{2\text{eq}}$, somando $60 \text{ MtCO}_{2\text{eq}}$. Esse novo cenário abre a perspectiva de ampliar o consumo global de biocombustíveis, afastando infundadas preocupações decorrentes da eventual competição pelo uso da terra.

O sucesso do modelo brasileiro reside em um forte apoio político, juntamente com um quadro institucional cuja complexidade foi resolvida ao longo das décadas de sua história e das crises que ele superou. Para todos os países onde o reforço econômico dos setores agrícolas é um problema, a compreensão da história do modelo brasileiro de agro-energias é rica em ensino. Para os países tropicais em particular, as inovações da ecologia agroindustrial desenvolvidas pelo Brasil são valiosas porque todos estão preocupados com a erosão do solo. O desafio do SIT da cana hoje é industrializar suas últimas inovações e aprender a se exportar, porque o desenvolvimento agrícola e a produção de energia local continuam a ser questões importantes de desenvolvimento internacional.

Referências

BARROS MEIRA, R. **O emprego do álcool como agente de luz, força motriz e calor: Uma solução para a crise açucareira da primeira república** (v. 1). 2003. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

BOLONHEZI, D. Agricultura conservacionista no sistema de produção da cana-de-açúcar. In: SYMPOSIO PARA CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA PARA CANA-DE-AÇÚCAR. Ribeirão Preto, SP, 2014. **Apresentação...** Ribeirão Preto, SP, 2014. Disponível em: <http://www.stab.org.br/palestra_II_simp_conservacao_do_solo_2014/04_denizart_bolonhezi.pdf>.

_____. Plantio direto e calagem na reforma da CANA CRUA, **A Granja**, p. 75–77. jan. 2013. Disponível em: < http://www.agrisus.org.br/arquivos/artigo_calagem_cana_Granja.pdf>.

BRASIL. Congresso Nacional. **Lei nº 13.576, de 26 de dezembro de 2017**. Dispõe sobre a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) e dá outras providências. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2017/lei-13576-26-dezembro-2017-786013-publicacaooriginal-154631-pl.html>>.

_____. Ministério de Minas e Energia. 2016. Boletim mensal . **Boletim Mensal dos Combustíveis Renováveis**, n. 76, 23 p. maio 2014. Disponível em: <<http://www.biomercado.com.br/imagens/publicacao/arquivo107.pdf>>.

_____. Presidência da República. **Decreto nº 3.546 de 17 de julho de 2000**. *Cria o Conselho Interministerial do Açúcar e do Alcool - CIMA e dá outras providências*. Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=54006>>.

_____. _____. **Decreto-Lei nº 4.722, de 22 de setembro de 1942**. Declara a indústria alcooleira de interesse nacional e estabelece garantias de preço para o álcool e para a matéria prima destinada à sua fabricação. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/declei/1940-1949/decreto-lei-4722-22-setembro-1942-414753-publicacaooriginal-1-pe.html>>.

_____. _____. **Decreto nº 9.308, de 15 de março de 2018**. Dispõe sobre a definição das metas compulsórias anuais de redução de emissões de gases causadores do efeito estufa para a comercialização de combustíveis de que trata a Lei nº 13.576, de 26 de dezembro de 2017. Disponível em: < <http://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/2018/decreto-9308-15-marco-2018-786317-publicacaooriginal-155035-pe.html>>.

_____. _____. **Decreto nº 10.393, de 9 de outubro de 1889**. Dá Regulamento para execução do Decreto legislativo nº 2687 de 6 de novembro de 1875 na parte referente à fundação de engenhos centrais para fabrico de assucar e de alcool de canna. Disponível em: < <http://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1824-1899/decreto-10393-9-outubro-1889-542797-publicacaooriginal-52304-pe.html>>.

_____. _____. **Decreto nº 19.717, de 20 de fevereiro de 1931**. Estabelece a aquisição obrigatória de álcool, na proporção de 5% da gasolina importada, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1930-1939/decreto-19717-20-fevereiro-1931-518991-publicacaooriginal-1-pe.html>>.

_____. _____. **Decreto nº 76.593, de 14 de novembro de 1975.** Institui o Programa Nacional do Alcool e dá outras providências. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1970-1979/decreto-76593-14-novembro-1975-425253-norma-pe.html>>.

CALABI, A.S.; FONSECA, E.G.; SAES, F.A.M. et al. **A Energia e a economia brasileira.** São Paulo: Pioneira, 1983. 250 p.

CARVALHO, J.L.N.; BRAUNBECK, O.A.; CHAGAS, M.F. **Implantação do plantio direto de cana-de-açúcar: base para sustentabilidade do canavial.** Campinas: CNA Brasil, p. 1–39. 2012. Disponível em: <https://abccapacitacao.files.wordpress.com/2012/11/cana_de_acucar_estudo_de-viabilidade-economica-abc_31out2012.pdf>

CARVALHO, S.A.D.; FURTADO, A.T. Mapeamento dos esforços tecnológicos dos programas de melhoramento genético de cana de açúcar no Brasil. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO LATINO IBEROAMERICANO DE GESTAO DE TECNOLOGIA, 15. ALTEC. 2013. **Anais...** Porto: 2013.

CASSUTO, D.N. the Evolution of the Brazilian regulation of ethanol and possible lessons for the United States. **Pace Law Faculty Publications**, n. 477. 2013.

CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O.; PODANOSCHI, A.L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num latossolo roxo distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n.3, p. 527–538. 1998.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS - CGEE. 2007. **Estudo prospectivo de solo, clima e impacto ambiental para o cultivo da cana-de-açúcar e análise técnica/econômica para o uso do etanol como combustível – Etanol fase 3. Relatório Final.** Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2007. 635 p. Disponível em: <https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/Etanol3_Rel+Final_5744.pdf/17393289-1620-4ccb-bd13-2c78e05ad3bd?version=1.0>.

_____. **Second-generation sugarcane bioenergy & biochemicals: Advanced low-carbon fuels for transport and industry.** Brasília, DF: 2017. 124 p.

CERRI, C.C.; BERNOUX, M.; FELLER, C.; CORREA DE CAMPOS, D.; DE LUCA, E.F.; ESCHENBRENNER, V. Sucre et sequestration du carbone sugarcane and carbon sequestration. **Documentation IRD**, n. 20. 2004.

COGO, N.P.; LEVIEN, R.; SCHWARZ, R.A. Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 4, p. 743–753. 2003. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832003000400019>

DE ARRUDA VEIGA FILHO, A.; RAMOS, P. Proalcool e evidencias de concentração na produção e processamento da cana de açúcar. **Informações Econômicas**, SP, v.36, n.7, jul. 2006. Disponível em: <<http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/etanolverde/proalcool.pdf>>.

DÉ CARLÍ, G. **Os Caminhos da energia**. Rio de Janeiro: IAA. 1979

DE MORAES, M.A.F.D.; ZILBERMAN, D. **Production of ethanol from sugarcane in Brazil: from state intervention to a free market**. New York City, NY: Springer Science & Business Media. 2014. 221 p. (Natural Resource Management and Policy, 43). <https://doi.org/10.1007/978-3-319-03140-8>

DE OLIVEIRA, M.W.; TRIVELIN, P.C.O.; PENATTI, C.P.; DE CÁSSIA PICCOLO, M. Decomposição e liberação de nutrientes da palhada de cana-de-açúcar em campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n.12, p. 2359–2362. 1999. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X1999001200024>

DE SOUZA, Z.J. A Co-geração de energia no setor sucroalcooleiro: desenvolvimento e situação atual. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 4, 2000. **Anais...** 2000. 11p. Disponível em: <<http://www.proceedings.scielo.br/pdf/agrener/n4v1/001.pdf>>.

DE SOUZA, Z.M.; PRADO, R.D.M.; PAIXÃO, A.C.S.; CESARIN, L.G. Sistemas de colheita e manejo da palhada de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n.3, p. 271–278. 2005. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2005000300011>

DUARTE JÚNIOR, J.B.; COELHO, F.C. Adubos verdes e seus efeitos no rendimento da cana-de-açúcar em sistema de plantio direto. **Bragantia**, v. 67, n. 3, p. 723–732. 2008. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052008000300022>

DUNHAM, F.B.; BOMTEMPO, J.V.; FLECK, D.L. A Estruturação do sistema de produção e inovação sucroalcooleiro como base para o Proalcool. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 10, n. 1, p. 35–72. 2011.

FARIAS, T. Análise do arcabouço legislativo do álcool combustível no Brasil. **Revista Direito E Desenvolvimento**, p. 57–72. 2011.

FRANCO, H.C.J.; VITTI, A.C.; FARONI, C.E.; CANTARELLA, H.; TRIVELIN, P.C.O. Estoque de nutrientes em resíduos culturais incorporados ao solo na reforma de áreas com cana-de-açúcar. **STAB**, v. 25, n. 6. 2007.

FURTADO, A.T.; SCANDIFFIO, M.I.G.; CORTEZ, L.A.B. The Brazilian sugarcane innovation system. **Energy Policy**, v. 39, n. 1, p. 156–166. 2011. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.09.023>

GALDOS, M.V.; CERRI, C.C.; CERRI, C.E.P. Soil carbon stocks under burned and unburned sugarcane in Brazil. **Geoderma**, v. 153, n. 3–4, p. 347–352. 2009. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2009.08.025>

GARBIATE, M.V.; VITORINO, A.C.T.; TOMASINI, B.A.; BERGAMIN, A.C.; PANACHUKI, E. Erosão em entre sulcos em área cultivada com cana crua e queimada sob colheita manual e mecanizada. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, v. 35, n. 6, p. 2145–2155. 2011. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832011000600029>

GOLDEMBERG, J. O Proálcool visto no exterior. **Valor Econômico (Opinião)** 5 jan. 2017. Disponível em: <<http://www.bv.fapesp.br/namidia/noticia/129732/o-pro-alcool-visto-no-exterior/>>.

_____. The Brazilian biofuels industry. **Biotechnology for Biofuels**, v. 1, n. 6. 2008. <https://doi.org/10.1186/1754-6834-1-6>. Disponível em: <<https://biotechnologyforbiofuels.biomedcentral.com/articles/10.1186/1754-6834-1-6>>.

HÅKANSSON, I.; VOORHEES, W.B.; RILEY, H. Tillage and traffic in crop production vehicle and wheel factors influencing soil compaction and crop response in different traffic regimes. Proceedings 11th Conference of ISTRO. **Soil and Tillage Research**, v. 11, n. 3, p. 239–282. 1997. [https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/0167-1987\(88\)90003-](https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/0167-1987(88)90003-)

INTERNATIONAL SUGAR ORGANIZATION. Perspectives des productions de sucre et d'éthanol au Brésil. **Mecas** v. 5. p. 34. 2012.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA - IPEA. Biocombustíveis no Brasil: etanol e biodiesel. **Comunicados do IPEA**, n. 53. 62 p. 2010. (Série Eixos do Desenvolvimento Brasileiro). Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/comunicado/100526_comunicadoipea53.pdf>.

JORNAL CANA, 2015. **Site**. Disponível em: <<https://www.jornalcana.com.br>>. Acesso em: 27 nov. 2015.

KAUP, F.; NITSCH, M.; MENEZES, T. Brazil's aspiration for a massive worldwide substitution of gasoline by 2025. In: INTERNATIONAL NORDIC BIOENERGY CONFERENCE, 5., FINBIO (The Bioenergy Association of Finland). **Book of Proceedings...** Publication 51, Jyväskylä, 2011, p. 346-354. 2011.

LA SCALA Jr, N.; BOLONHEZI, D. & PEREIRA, G.T. Shortterm soil CO₂ emission after conventional and reduced tillage of a no till sugar cane area in Southern Brazil. **Soil Till. Res.**, n. 91, p.244-248, 2006.

LYND, L.R.; SOW, M.; CHIMPHANGO, A.F.; CORTEZ, L.A.; BRITO CRUZ, C.H.; ELMISSIRY, M.; VAN ZYL, W.H. Bioenergy and African transformation. **Biotechnology for Biofuels**, v. 8, n.1, p. 18, 2015. <https://doi.org/10.1186/s13068-014-0188-5>

MACEDO, N.M.; BOTELHO, P.S.M.; CAMPOS, M.B.S. Controle químico de cigarrinha-da-raiz em cana-de-açúcar e impacto sobre a população de artrópodes. **Stab Açúcar, Álcool Subprodutos**, 21. 2003.

MAGALHÃES, P.S.G.; NOGUEIRA, L.A.H.; CANATARELLA, H.; ROSSETTO, R.; FRANCO, H.C.J.; BRAUNBECK, O.A. Agro-industrial technological paths. In: CENTER FOR STRATEGIC STUDIES AND MANAGEMENT - CGEE. **Sustainability of sugarcane bioenergy**. CGEE report. Brasília, DF: 2012. p. 27-69.

MELO, J. **A política do álcool-motor no Brasil**. Rio de Janeiro: IAA, 1942.

MICHELLON, E.; SANTOS, A.A.L.; RODRIGUES, J. R.A. Breve descrição do Proálcool e perspectivas futuras para o etanol produzido no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 46, Rio Branco, AC. **Apresentação Oral na Estrutura, Evolução e dinamica do sistemas alimentares e cadeias agroindustriais**. 16 p. 2008. Disponível em: < <http://www.sober.org.br/palestra/9/574.pdf>>.

NASS, L.L.; PEREIRA, P.A.A.; ELLIS, D. Biofuels in Brazil: An overview. **Crop Science**, v. 47, n.6, p. 2228–2237. 2007. <https://doi.org/10.2135/cropsci2007.03.0166>

NOGUEIRA, L.A.H.; SEABRA, J.E.A.; BEST, G.; LEAL, M.; POPPE, M.K. **Bioetanol de cana-de-açúcar: energia para o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: BNDES/CGEE, 2008. 316p. Disponível em: < <http://livroaberto.ibict.br/bitstream/1/705/1/bioetanol.pdf>>

OLIVER, G.D.S.; SZMRECSÁNY, T. A Estação Experimental de Piracicaba e a modernização tecnológica da agroindústria canavieira (1920 a 1940). **Revista Brasileira de História**, v. 23, n. 46, p. 37–60, 2003. <https://doi.org/10.1590/S0102-01882003000200003>

PARAIZO, D. Melhoramento genético da cana e biotecnologia. **Nova Cana**, p. 1–14. 2013.

PEREIRA DE CARVALHO, S.; DE OLIVEIRA CARRIJO, E.L. A produção de álcool : do PROÁLCOOL ao contexto atual. In CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 45., Londrina, PR. **Apresentação no Conhecimentos para agricultura do futuro**. 2007.

PROVE, B. G.; GOOGAN, V. J.; TRUONG, P. N. V. Nature and magnitude of soil erosion in sugarcane land on the wet tropical coast of north-eastern. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, East Melbourne, v. 35, p. 641-649, 1995.

QUEDA, O. **A intervenção do Estado e a agroindústria açucareira paulista**. Dissertação (Doutorado) - ESALQ/USP, Piracicaba, 1972.

RAMOS, P. **Agroindústria canaveira e propriedade fundiária no Brasil**. Tese (Doutorado em Administração de Empresas) – FGV – Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 1991.

_____. Os mercados mundiais de açúcar e a evolução da agroindústria canaveira do Brasil entre 1930 e 1980: do açúcar ao álcool para o mercado interno. **Economia Aplicada**, v. 11, n.4, p. 559-585, oct/dec. 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-80502007000400006>.

ROSSETTO, R.; CANTARELLA, H.; DIAS, F.L.F.; LANDELL, M.G.A.; VITTI, A.C. Manejo conservacionista e reciclagem de nutrientes em cana-de-açúcar tendo em vista a colheita mecânica. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n.124, p. 8-13, 2008. Encarte. Disponível em: < [http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/4C29F970C163D57683257A900014F8CE/\\$FILE/Page8-13-124.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/4C29F970C163D57683257A900014F8CE/$FILE/Page8-13-124.pdf)>.

SANTIAGO, A.D.; IVO, W.M.P. de M.; BARBOSA, G.V. DE S.; ROSSETO, R. Impulsionando a produtividade e a produção agrícola da cana-de-açúcar no Brasil. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON TROPICAL AGRICULTURE DEVELOPMENT, 2006, Brasília, DF. **Abstracts...** Brasília, DF: CGIAR: Embrapa, p. 1-4. 2006.

SCANDIFFIO, M.I.G. 2005. **Análise prospectiva do álcool combustível no Brasil** - Cenários 2004-2024. 2005, 201 f. Tese (Doutorado em Planejamento de Sistemas Energéticos) – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas. Disponível em: <http://www.ie.ufrj.br/images/infosucro/biblioteca/alc_Scandiffio_ProspectivaAlcool.pdf>.

SEABRA, J.E.A.; MACEDO, I.C. Comparative analysis for power generation and ethanol production from sugarcane residual biomass in Brazil. **Energy Policy**, v. 39, n. 1, p. 421-428. 2011. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.10.019>

SEGNINI, A. et al. Carbon stock and humification index of organic matter affected by sugarcane straw and soil management. **Scientia Agricola**, v.70, n.5 Piracicaba Sept./Oct. 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162013000500006>. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=So103-90162013000500006&lng=en&nrm=iso&tlng=en>.

SHIKIDA, P.F.A.; PEROSA, B.B. Álcool combustível no Brasil e path dependence. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 50, n. 2, p. 243–262. 2012. <https://doi.org/10.1590/S0103-20032012000200003>

SOUZA, R.A.; TELLES, T.S.; MACHADO, W.; HUNGRIA, M.; FILHO, J. T.; GUIMARÃES, M.D.F. Effects of sugarcane harvesting with burning on the chemical and microbiological properties of the soil. **Agriculture. Ecosystems and Environment**, n. 155, jul., p. 1–6. 2012. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2012.03.012>

SPAROVEK, G.; SCHNUG, E. Soil tillage and precision agriculture a theoretical case study for soil erosion control in Brazilian sugar cane production. **Soil and Tillage Research**, v. 61, n. 1–2, p. 47–54. 2001. [https://doi.org/10.1016/S0167-1987\(01\)00189-1](https://doi.org/10.1016/S0167-1987(01)00189-1)

TIM, L.C. **Efeito do manejo da palha da cultura da cana-de-açúcar nas propriedades físico-hídricas de um solo**. Dissertação (Doutorado em Agronomia – Irrigação e Drenagem)- Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Tese de doutorado. Piracicaba, 2002. 115 p. Disponível em: < <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11143/tde-05082002-170447/publico/luis.pdf>>.

TORRES DA VEIGA PEREIRA, G. **O setor alcooleiro: da rígida intervenção ao processo de desregulamentação**. Florianópolis: UFSC, 2007. Disponível em: < <http://tcc.bu.ufsc.br/Economia293724>>.

VASCONSELOS, A.C.M. **Desenvolvimento do sistema radicular da parte aérea de socas de cana-de-açúcar sob dois sistemas de colheita: crua mecanizada e queimada manual**. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal. 2002.

VEZZANI, F.M.; MIELNICZUK, J. Agregação e estoque de carbono em argissolo submetido a diferentes práticas de manejo agrícola. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, v. 35, n. 1, p. 213–223. 2011. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832011000100020>

VITTI, A.C.; FRANCO, H.C.J.; TRIVELIN, P.C.O.; FERREIRA, D.A.; OTTO, R.; FORTES, C.; FARONI, C.E. Nitrogênio proveniente da adubação nitrogenada e de resíduos culturais na nutrição da cana-planta. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 46, n. 3, p. 287–293. 2011. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2011000300009>

SEÇÃO 2

CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO

Fundamentos da Teoria do Conhecimento aplicados ao
desenvolvimento científico e tecnológico do País

Fundamentos da Teoria do Conhecimento aplicados ao desenvolvimento científico e tecnológico do País

Milton Pombo da Paz¹, João Mauricio Rosário²

Resumo

A cadeia de valor de uma área de conhecimento é determinada por percepções de seus atores na identificação de seus elementos, relacionamentos e geração de resultados. Este artigo apresenta os fundamentos conceituais que existem na Epistemologia, Ciência da Informação, Fenomenologia, Semiologia, Ontologia, Teoria da Informação, Cibernética e Teoria Geral dos Sistemas e que orientam a representação do conhecimento implícito nos diversos sistemas existentes, em especial o de Ciência, Tecnologia e Inovação. Esses fundamentos também permitem a representação e organização da informação nos contextos observados para entendimento das peculiaridades e preocupações dos ambientes

Abstract

The value chain of an area of knowledge is determined by the perceptions of its actors in the identification of its elements, relationships and generation of results. This article presents the conceptual foundations that exist in Epistemology, Information Science, Phenomenology, Semiology, Ontology, Information Theory, Cybernetics and General Systems Theory and guide the representation of implicit knowledge to the various existing systems, especially Science, Technology and Innovation. These fundamentals also allow the representation and organization of information in the observed contexts to understand the peculiarities and concerns of systemic environments. The goal is for this chain to be perceived, analyzed, modeled, constructed,

- ¹ Mestre em Gestão do Conhecimento e da Tecnologia da Informação pela Universidade Católica de Brasília (UCB). Mestre em Ciências Navais pela Escola de Guerra Naval, no Rio de Janeiro. Doutorando em Engenharia Mecânica, na área de Mecânica dos Sólidos e Projeto Mecânico, Linha de Pesquisa em Projeto de Sistemas Integrados Mecânicos e Mecatrônicos, com ênfase em Estudos de Futuro, pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Professor da UCB. Oficial de Marinha da Reserva.
- ² Doutorado em Automação Especialidade Robótica pela Ecole Centrale Des Arts Et Manufactures Paris. Pós-doutorado pelo Instituto Tecnológico de Geesthacht, GKSS, da Alemanha; pela École Supérieure d'Électricité, da França; e pelo Instituto Superior de Engenharia do Porto, de Portugal. Professor da Unicamp.

sistêmicos. O objetivo é que essa cadeia passe a ser percebida, analisada, modelada, construída, implantada e monitorada, objetivando oferecer valor às suas informações, isentas de visões pessoais e parciais.

Palavras-chave: Epistemologia. Ciência da Informação. Fenomenologia. Semiologia. Ontologia. Teoria da Informação. Cibernética. Teoria Geral dos Sistemas. CT&I. PD&I.

deployed and monitored, in order to offer value to its information, free of personal and partial views.

Keywords: *Epistemology. Information Science. Phenomenology. Semiology. Ontology. Information Theory. Cybernetics. General Systems Theory. ST&I. RD&I.*

1. Introdução

O limiar da governança e gestão prospectivas está na percepção de que as informações são estratégicas, independentemente da maneira que se deite o olhar para análise e da aplicação que se faça delas. O porvir está repleto de elementos a serem pressentidos e percebidos por técnicas de busca de informações dotadas de valor estratégico. Qualquer ambiente requer o cuidado na análise de informações que sejam influentes ou influenciadas.

Dentre as grandes questões encontradas na convivência com a realidade têm-se àquelas que envolvem o olhar, o ato de ver, de entender, de interpretar, de processar, analisar e finalmente, de escolher as informações com relevante valor. Para o entendimento dessas questões, a Figura 1 apresenta os fundamentos conceituais prioritários que possuem o mesmo grau de importância na contribuição da solução.

Essas questões se agravam quando se pretende entender o futuro, seu mapeamento e representação, um processo cujo objetivo é subsidiar escolhas estratégicas direcionadoras a partir de informações tratadas conforme procedimentos metodológicos que conduzam às escolhas com a menor margem de incertezas possível, dentro de critérios universais equilibrados e consagrados, visando a ruptura de atitudes prospectivas estratégicas.



Figura 1. Elementos conceituais fundamentais

Fonte: *Elaboração própria.*

Este artigo apresenta os fundamentos conceituais que orientam a representação do conhecimento implícito aos diversos sistemas sociais, em especial o de Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I). Esses elementos também permitem representar e organizar a informação nos contextos observados, para entendimento das particularidades, características e preocupações dos ambientes sistêmicos.

1.1. Demografia social e cultural

A demografia social e cultural do Brasil apresenta aspectos peculiares que merecem ser destacados para a compreensão de sua complexidade. Sob diversos olhares, o cenário brasileiro em relação à pesquisa e inovação apresenta deficiências sistêmicas provocadas pela ausência histórica e cultural de sistematização nas ações de gestão. A análise de resultados da cadeia de valor de CT&I e de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) permite concluir que o País tem um sistema aquém de suas necessidades, que é refém de escolhas estratégicas equivocadas, com durabilidade previsível e desviadas de qualquer cenário razoável de desenvolvimento e competitividade.

O orçamento em CT&I, que já era baixo, caiu 25% em 2018 na comparação com o ano anterior. O contingenciamento afetou drasticamente pesquisas, pessoal, infraestruturas, materiais e manutenção do setor. O Brasil responde por 2,7% da produção científica mundial, ocupa o 13º lugar no *ranking* científico internacional (IEA, 2017) e está na 69ª posição em inovação, segundo o Índice Global de Inovação entre 2011 a 2017.

Em geral, as cadeias de valor existentes no País apresentam deficiências e fragilidades em suas estruturas e comportamentos, o que afeta os resultados. Essas falhas tornam-se perceptíveis quando analisadas sob o ponto de vista de todos os envolvidos, principalmente seus usuários a jusante. As informações de entrada, saída, processamento, logística e Recursos Humanos (RH) de cada elemento têm algum tipo de inconsistência e apresentam perdas de valor em seus fluxos de processo. Essa situação afeta a produtividade e o custo de vida nacional, bem como o bem-estar social, e o psiquismo do tecido social. Entidades representativas desses setores exaustivamente apresentam formas de solução de seus problemas sistêmicos que, em geral, são desprezadas nas ações escolhidas pelos decisores.

O Brasil possui um posicionamento internacional desconfortável nos *rankings* de Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), índice de Gini, índice Pisa (do inglês, *Programme for International Student Assessment*), e Índice de Liberdade Econômica. O País também apresenta baixo crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) e carga tributária elevada. Esse cenário revela a baixa qualidade de todas as cadeias de valor. Assim, dentre outros aspectos, observa-se que a demografia social e cultural apresenta índices alarmantemente críticos para qualquer tentativa de sobrevivência saudável no futuro.

Paradoxalmente, o PIB brasileiro em 2017 foi de R\$ 6,6 trilhões, o que o colocou entre as dez maiores economias mundiais. Não obstante a qualidade do quadro de especialistas em todas as áreas de conhecimento e da abundância de recursos naturais de toda ordem, que podem ser usados como insumos em qualquer tipo de projeto, todas as cadeias de valor apresentam frágeis resultados sazonais.

As escolhas estratégicas devem ser desvinculadas de aspectos pessoais e temporais. Ao contrário, é necessário um amplo planejamento estratégico de longo prazo em áreas estratégicas que sejam carros-chefe de projetos que gerem o domínio do conhecimento e de mercado e que proporcionem o desenvolvimento agregado das cadeias de suprimentos, produtivas e de valor.

Todas essas situações podem ser entendidas como limitações culturais em seus desejos estratégicos, porém apresentam alto potencial de motivação para a transformação positiva da economia nacional.

2. Principais elementos conceituais para fundamentação

Os temas selecionados neste trabalho são Epistemologia (Teoria do Conhecimento); Ciência da Informação; Fenomenologia; Semiologia; Ontologia; Dado, Informação e Conhecimento; Teoria da Informação; Cibernética e a Teoria Geral dos Sistemas. Essas áreas formam o arcabouço de um conjunto de reflexões que direcionam o entendimento de como as escolhas estratégicas podem ser realizadas para se criar ou otimizar sistemas abertos e seus supersistemas e subsistemas, visando possibilitar a governança do futuro.

2.1. Epistemologia (Teoria do Conhecimento)

A Epistemologia trata dos problemas filosóficos relacionados à crença e ao conhecimento. A Teoria do Conhecimento, como é chamada, é um ramo da filosofia que deseja explicar o conhecimento científico e seus condicionamentos; sistematizar suas relações; esclarecer seus vínculos; avaliar os seus resultados e aplicações; e investigar sua natureza e limitações.

Este conhecimento consiste em descrever, explicar e prever uma realidade. Isto é: analisar o que ocorre; designar por que ocorre de determinada forma; e utilizar estes conhecimentos para antecipar uma realidade futura.

Assim, epistemologia é o estudo sobre o conhecimento científico, ou seja, os mecanismos que permitem o conhecimento de determinada ciência considerando critérios de reconhecimento da verdade.

Chiavenato e Sapiro (2009, p. 59) apresentam que:

A Epistemologia, ou Teoria do Conhecimento, é o ramo da filosofia que trata dos problemas relacionados às crenças e ao conhecimento, interessado na investigação da natureza, fontes e validade do conhecimento. O termo epistemologia provém da palavra grega *episteme*, que significa verdade absolutamente certa. Entre as questões principais que ela tenta responder estão “o que é o conhecimento?” e “como ele é adquirido?”. (CHIAVENATO; SAPIRO, 2009, p. 59).

Para Hessen (1999),

Enquanto a teoria geral do conhecimento investiga a relação do nosso pensamento com os objetos em geral, a teoria especial do conhecimento atende aos conteúdos do pensamento

em que esta relação encontra a sua expressão mais elementar [...] investiga os conceitos básicos mais gerais, por meio dos quais procuramos definir os objetos. (HESSEN, 1999, p. 161).

Capurro (2003) define epistemologia como:

Estudo dos processos cognitivos e não no sentido clássico aristotélico de estudo da natureza do saber científico e de suas estruturas lógico-rationais (episteme), adquire não só um caráter social e pragmático, mas também se relaciona intimamente com a investigação empírica de todos os processos cerebrais. Ou, mais genericamente, com todos os tipos de processos relacionados com a forma como os seres vivos conhecem, isto é, como fazem a construção e autogênese de suas realidades. Essa proposição epistemológica de tipo naturalista e tecnológico questiona, de diversas formas, as teses clássicas metafísica, idealista e transcendental. (CAPURRO, 2003).

A epistemologia oferece precisamente o que os Estudos de Futuro em sistemas sociais desejam: capacidade de compreender o conhecimento de interesse para o tema em estudo e suas limitações.

2.2. Ciência da Informação

A Ciência da Informação (CI) apresenta elementos de interesse desta pesquisa, no sentido de entender questões relacionadas à informação como sua origem, percepção, entendimento, significado, tratamento e relevância. Borko (1968) a define como:

A disciplina que investiga as propriedades e o comportamento informacional, as forças que governam os fluxos de informação, e os significados do processamento da informação, visando à acessibilidade e a usabilidade ótima. A Ciência da Informação está preocupada com o corpo de conhecimentos relacionados à origem, coleção, organização, armazenamento, recuperação, interpretação, transmissão, transformação, e utilização da informação (grifo meu). Isto inclui a pesquisa sobre a representação da informação em ambos os sistemas, tanto naturais quanto artificiais, o uso de códigos para a transmissão eficiente da mensagem, bem como o estudo do processamento e de técnicas aplicadas aos computadores e seus sistemas de programação (BORKO, 1968, p. 2).

O autor vai além e afirma que a Ciência da Informação

É uma ciência interdisciplinar derivada de campos relacionados, tais como a Matemática, Lógica, Linguística, Psicologia, Ciência da Computação, Engenharia da Produção, Artes Gráficas, Comunicação, Biblioteconomia, Administração, e outros campos científicos semelhantes. Têm ambos componentes, de ciência pura visto que investiga seu objeto sem considerar sua aplicação, e um componente de ciência aplicada, visto que desenvolve serviços e produtos (BORKO, 1968, p. 2).

Capurro (2003) argumenta que “uma definição clássica da Ciência da Informação diz que essa ciência tem como objeto a produção, seleção, organização, interpretação, armazenamento, recuperação, disseminação, transformação e uso da informação” (GRIFFITH, 1980 *apud* CAPURRO, 2003). Para Borko (1968), “Em essência, a Ciência da Informação investiga as propriedades e o comportamento da informação, o uso e a transmissão da informação, e o processamento da informação, visando uma armazenagem e uma recuperação ideal” (BORKO, 1968, p. 4).

Assim, a CI permite delinear a compreensão de como, em um ambiente de alto grau de incerteza como o das organizações, se podem desenvolver estudos prospectivos (estudos de futuro) tratando a entropia da informação dos ambientes. De outra maneira, as decisões estratégicas devem ser suportadas por elementos de informação cientificamente determinados por percepções corretas da realidade. Essas decisões devem traduzir as escolhas baseadas em informações que realmente conduzam os setores ao seu lugar no futuro como desejado e em condições saudáveis de existência.

2.3. Fenomenologia

A fenomenologia investiga e explica fenômenos naturais, principalmente a fim de sustentar a compreensão do conhecimento. Trata-se de um método que faz a mediação entre o sujeito e o objeto ou, dizendo de outro modo, entre o eu e a coisa. Henssen (1968) considera que,

No conhecimento defrontam-se consciência e objeto, sujeito e objeto. O conhecimento aparece como uma relação entre esses dois elementos. Nessa relação, sujeito e objeto permanecem eternamente separados. O dualismo do sujeito e do objeto pertence à essência do conhecimento. (HESSEN, 1999, p. 20).

Ao mesmo tempo, a relação entre os dois elementos é uma relação recíproca (correlação). O sujeito só é sujeito para um objeto e o objeto só é objeto para um sujeito. Ambos são o que são

apenas na medida em que o são um para o outro. Essa correlação, porém, não é reversível. Ser sujeito é algo completamente diverso de ser objeto. A função do sujeito é apreender o objeto; a função do objeto é ser apreensível e ser apreendido pelo sujeito. (HESSEN, 1999, p. 20).

A afirmação de Hessen (1999, p. 20), no entanto, é limitada pois, para o sujeito com restrições psicológicas e psiquiátricas, a realidade (e, conseqüentemente, os objetos que a compõem) se apresenta distorcida, o que afeta o conhecimento gerado pela observação.

A percepção e interpretação dos objetos da realidade que detêm o conhecimento são relativas e dependem do poder de percepção e experiência bibliográfica do sujeito, que atua segundo suas limitações e graus de interesse, muitas vezes desconsiderando que o objeto simplesmente é enquanto objeto criado, sendo e composto por atributos e propriedades intrínsecas. Então, é preciso compreender os atributos do objeto observado e considerar as diversas perspectivas de observação como elementos mediadores da verdade sobre o objeto observado.

Também é relevante levar em conta que a observação do objeto deverá muitas vezes ser conseguida por meio de instrumentos metodológicos, tecnológicos e ambientais de maneira que as ciências que proporcionam a observação têm objetivos diversos: social, química, biológica, médica, etc. Em todos os casos, é preciso organizar a informação.

Assim, pode-se perceber que ora o objeto transcende o sujeito, e simplesmente existe por si só; e ora depende dele. Nota-se, da mesma forma, que uma limitação percebida é que, além das questões éticas, deve haver critérios da verdade para se definir conhecimento.

Também, “na medida em que determina o sujeito, o objeto mostra-se independente do sujeito, para além dele, transcendente. Todo conhecimento visa (“intenciona”) um objeto independente da consciência cognescente” (HESSEN, 1999, p. 21). A fenomenologia não descarta a questão da relatividade das coisas do mundo:

Não basta, porém, que um conhecimento seja verdadeiro. Devemos chegar também à certeza de que ele é verdadeiro. Surge assim a seguinte questão: em que posso reconhecer um conhecimento como verdadeiro? Essa é a questão acerca do critério de verdade. Os achados fenomenológicos nada dizem sobre a existência de tal critério. Apenas a exigência desse critério pertence ao fenômeno do conhecimento, não a satisfação dessa exigência. (HESSEN, 1999, p. 23).

Existe ainda um último problema entrou no nosso campo de observação no final da descrição fenomenológica: a questão do critério da verdade. Se há um conhecimento verdadeiro em que é que podemos conhecer essa verdade? Qual é o critério que nos diz, concretamente, se um conhecimento é ou não verdadeiro? (HESSEN, 1999, p. 28).

A fenomenologia surge para dar a completude necessária ao tema Estudo de Futuro em sistemas sociais, visto que fenômenos em ambientes de qualquer ordem devem ser compreendidos, explicados e representados, pois são oriundos de realidades observadas. Essa ciência oferece, portanto, a capacidade de representação do conhecimento compreendido e de interesse para o tema em estudo, por meio de entendimento dos fenômenos que ocorrem no ambiente observado. Destaca-se que a interpretação de um fenômeno será diferente para cada observador.

2.3.1. Ética

A palavra ética, derivada do grego *ethos*, é utilizada para definir costumes que resultam do valor dado às atitudes e conferido pelos seres humanos em suas relações, sempre em contexto político, temporal e regional, considerando critérios assumidos como verdade. Capurro (2010) *apud* Stumpf (2010) apresenta a questão da ética na Ciência da Informação quando diz que o objetivo da ética na Ciência da Informação consiste em implantar e consolidar uma série de instituições destinadas a promover a investigação e a ação nesse campo a nível global. O autor afirma que uma declaração universal de ética para a sociedade da informação é indispensável, assim como uma análise intercultural ética-informacional, referindo-se à relação entre normas morais e universais.

Gómez (2009) diz que, para Capurro, a ética intercultural propõe uma reflexão sobre a moral, porque trata de uma disciplina universal, mas conserva a individualidade. Por ter uma grande influência em toda a sociedade do século XXI, esta disciplina foi muito divulgada por meio da internet. Para o autor, a revolução digital vem mudando cada vez mais as normas, os princípios e os valores sociais que fazem parte da moral. Gómez (2009) diz que Capurro defende uma moral objetivista, pois, para ele, a comparação de éticas a nível normativo tem como único objetivo chegar a um acordo.

A ética, então, orienta as abordagens que devem ser seguidas em qualquer processo de desenvolvimento de sistemas sociais, a partir do entendimento de que há comportamentos primários a serem obedecidos na composição das soluções sistêmicas.

2.3.2. Critérios de verdade

Hessen (1999) diz que a verdade possui dois conceitos que se contrapõem: um transcendente e outro imanente. Sobre o transcendente, o autor afirma que “quando descrevemos o fenômeno do conhecimento, constatamos que, para a consciência natural, a verdade do conhecimento consiste na concordância do conteúdo do pensamento com o objeto” (HESSEN, 1999, p. 119). No imanente, a “essência da verdade não reside numa relação do conteúdo do pensamento com algo contraposto, transcendente, mas sim no interior do próprio pensamento” (HESSEN, 1999, p. 119). Assim,

A verdade é a concordância do pensamento consigo mesmo. Um juízo é verdadeiro quando construído segundo as leis e normas do pensamento. De acordo com essa concepção, a verdade significa algo puramente formal. Ela coincide com a correção lógica. A decisão de qual dos dois conceitos devemos considerar corretos já está contida em nosso posicionamento diante do conflito entre idealismo e realismo. (HESSEN, 1999, p. 119-120).

Hessen (1999, p. 120) decide a favor do realismo e, segundo ele,

Isso significa uma rejeição do conceito imanente de verdade, que pode muito bem ser caracterizado como o conceito idealista de verdade. É só no terreno do idealismo que ele faz sentido. Só faz sentido tomar a verdade por algo puramente imanente caso não haja qualquer objeto real, exterior à consciência. Nesse caso, essa concepção será certamente necessária, pois se não houver objetos independente do pensamento, se todo o ser residir no interior do pensamento, a verdade só pode consistir no acordo dos conteúdos de pensamento entre si, vale dizer, na correção lógica. [...] A verdade do conhecimento só pode consistir, portanto, na produção de objetos em conformidade com as leis do pensamento, vale dizer, na concordância do pensamento com suas próprias leis. (HESSEN, 1999, p. 120).

Finalmente, é importante ressaltar a diferença entre “crer” e “conhecer” como apresentado por Gebara e Lourenço (2008):

Segundo Krüger, “crer” significa “uma ocorrência subjetiva, caracterizando-se pelo grau de assentimento ou adesão que decidimos aplicar a esse ou àquele enunciado ou conjunto de proposições, sendo, portanto, o mais uma questão psicológica”. No que diz respeito a “conhecer”, “este é um fato gnosiológico, referente ao valor da verdade da proposição ou argumento que esteja sendo examinado através de provas ou demonstrações entendidas como pertinentes à análise da validade do seu conteúdo. (KRUGER, 1995, p.17)”. (GEBARA; LOURENÇO, 2008, p. 31).

Os critérios de verdade devem ser estabelecidos em Estudo de Futuro para determinar os parâmetros de análise e balisar a abordagem das análises das informações desejadas.

2.4. Semiologia

A Semiologia é a ciência que proporciona estudar sinais significativos, a relação entre indicadores de futuro e sua representação por meio de linguagens. Esses são fenômenos que o analista de futuro precisa levar em consideração a respeito dos ambientes sobre os quais deita seu olhar.

A semiótica peirceana (cujo autor é Charles Sanders Peirce) é a “ciência que tem por objeto de investigação todas as linguagens possíveis, ou seja, tem por objetivo o exame dos modos de constituição de todo e qualquer fenômeno de produção de significação e de sentido” (ALVARES, 2011). A Semiótica, ou teoria geral da produção dos signos, investiga todos os fenômenos culturais como se fossem sistemas de signos, ou de significação, e possibilitam aos Estudos de Futuro em sistemas sociais a capacidade de representação do conhecimento compreendido e de interesse para o tema analisado. Como na fenomenologia, a semiologia tem uma limitação relacionada à necessidade de haver critérios da verdade para se definir conhecimento, além das questões éticas e dos critérios e verdade.

2.5. Ontologia

Ontologia (do grego *ontos*, ser, ente; e *logos*, saber, doutrina) significa conhecimento do ser. O termo tem origem na Filosofia, na qual representa um ramo da metafísica ocupado da existência, da natureza do ser, da realidade, da existência dos entes e das questões metafísicas em geral. Em suma, refere-se à teoria sobre a natureza da existência.

Na análise semântica, ontologia é a parte da filosofia que trata do ser enquanto ser, (*i. e.*, do ser concebido como tendo uma natureza comum que é inerente a todos e a cada um dos seres). É a ciência do ente em geral, ou na medida em que é. É, em sentido estrito, o estudo do ser e, desse modo, pode equivaler à metafísica.

Desde o século 17, sobretudo na filosofia moderna, a metafísica passou a incluir outros tipos de pesquisa e reflexão. O termo ontologia passou a designar o estudo do ser enquanto tal e costuma ser confundido com metafísica.

Zuben (2011, p. 85) destaca que “No epílogo das Meditações Cartesianas, expressava Husserl o desígnio de ver a fenomenologia se constituir como ontologia universal:”

A fenomenologia transcendental, sistemática e plenamente desenvolvida, é *eo ipso* uma autêntica ontologia universal. Não uma ontologia formal e vazia, mas uma ontologia que inclui todas as possibilidades regionais de existência, segundo todas as correlações que elas implicam. (HUSSERL, 1969, p. 132 *apud* ZUBEN, 2011, p. 85).

Zuben (2011) complementa:

A fenomenologia é o modo de acesso ao que deve tornar-se o tema da ontologia; ela é o método que permite determinar o objeto da ontologia, legitimando-o. A ontologia somente é possível como fenomenologia. (HEIDEGGER, 1960, p. 35 *apud* ZUBEN, 2011, p. 92).

A fenomenologia é o modo de acesso àquilo que deve tornar-se o tema da ontologia; ela é o método que permite determinar este objeto legitimando-o. A ontologia não é possível senão como fenomenologia. Por aquilo que se manifesta, o conceito fenomenológico de fenômeno visa o ser do ente, seu sentido, suas modificações e suas derivações. (HEIDEGGER, 1960, p.35 *apud* ZUBEN, 2011, p. 96).

A ontologia e a fenomenologia não são duas disciplinas diferentes que pertenceriam à filosofia a entre outras. Estes dois títulos caracterizam a filosofia a segundo o seu objeto e o seu método. A fenomenologia é ontologia fenomenológica universal, que parte da hermenêutica do ser-aí; esta, enquanto analítica da existência, fornece fio condutor de toda problemática filosófica, fundando-a sobre esta existência, da qual toda problemática surge e sobre a qual todo problema se repercute. (HEIDEGGER, 1960, p. 38 *apud* ZUBEN, 2011, p. 98).

Aristóteles (1969, p.87) apresenta a definição da metafísica como a ciência do ser enquanto ser:

Existe uma ciência que investiga o ser como ser e os atributos que lhe são próprios em virtude de sua natureza. Ora, esta ciência é diversa de todas as chamadas ciências particulares, pois nenhuma delas trata universalmente do ser como ser. Dividem-no, tomam uma parte e dessa estudam os atributos: é o que fazem, por exemplo, as ciências matemáticas. Mas, como estamos procurando os primeiros princípios e as causas supremas, evidentemente deve haver algo a que eles pertençam como atributos essenciais. Se, pois, andavam em busca desses mesmos princípios aqueles filósofos que pesquisaram os elementos das coisas existentes, é necessário que esses sejam elementos essenciais e não acidentais do ser. Portanto, é do ser enquanto ser que também nós teremos de descobrir as primeiras causas. (ARISTÓTELES, 1969, p. 87).

Sobre o paradigma cognitivo, Capurro (2010) apresenta que:

Isso nos leva à ontologia e à epistemologia de Karl Popper que influenciaram diretamente o paradigma cognitivo proposto por B. C. Brookes (1977, 1980), entre outros. Ontologia e a epistemologia de Karl Popper distinguem três mundos: o físico, o da consciência ou dos estados psíquicos, e o do conteúdo intelectual de livros e documentos, em particular o das teorias científicas. Popper fala do terceiro mundo como um mundo de objetos inteligíveis ou também de conhecimento sem sujeito cognoscente (POPPER, 1975 *apud* CAPURRO, 2010).

Abordando a ontologia digital de Capurro, Gómez (2009) apresenta:

Capurro propõe assim uma ética da informação que tem como horizonte de problematização uma “ontologia digital”, mas que mantém uma distância ontológica entre a cultura digital e outras formas culturais em que se desdobra a aventura humana.

Como organizador da reflexão ética, Capurro destaca a questão da liberdade, seus desdobramentos info-comunicacionais e os efeitos das desigualdades socioeconômicas sobre as promessas de acessibilidade e simetria sustentadas nas potencialidades comunicativas e informacionais da Internet (GÓMEZ, 2009).

Assim, a ontologia oferece aos Estudos de Futuro a capacidade de representação do conhecimento compreendido e de interesse para o tema em estudo, por meio de identificação dos objetos, suas relações no ambiente observado e suas linguagens.

2.6. Dado, informação e conhecimento

O princípio do entendimento da realidade está em sua formação e constituição. Uma realidade é formada por objetos percebidos. Estes, por sua vez, são constituídos por elementos que o fazem existir e possuem relações com outros objetos.

2.6.1. Dado

Um objeto do mundo real é tudo aquilo que é percebido pelo observador e que possui características elementares em sua constituição, ou seja, que o faz existir. A essas características elementares dá-se o nome de Dado que terá nesta pesquisa a seguinte definição: elementos primários ou características elementares que compõem um objeto do mundo real que os qualificam como tal;

os fazem existir; e podem ser estruturados. Então, os dados podem ser identificáveis, coletados, estruturados, classificados, gerenciados e armazenados por pessoas ou tecnologias.

2.6.2. Informação

O entendimento do significado de informação é fundamental em qualquer contexto, visto que, a partir do olhar da epistemologia e da fenomenologia, é temporal, cultural e depende do ponto de vista do observador. No entanto, seu entendimento e definição, fundamentais em qualquer contexto, são de natureza complexa.

Capurro (2003) disse: “meu ceticismo sobre uma análise definitiva de informação admite a abominável versatilidade de informação”. O autor complementa que “parece não haver uma ideia única de informação para a qual vários conceitos convergem e, portanto, nenhuma teoria prioritária de informação”.

Para Capurro (2003), no nível da termodinâmica, informação, na verdade, significa o oposto de entropia; e no nível da consciência, o conceito tem dimensões sintáticas, semânticas e pragmáticas. Em termos de Estudo de Futuro de qualquer sistema social, a definição de informação segue esse entendimento, mas é fundamental para a compreensão do tema estudado. Definir informação a ser analisada em qualquer contexto significa criar um escopo de entendimento e obtenção do significado aplicável e interpretável em qualquer ambiente. Segundo Drucker (2000, p. 13) *apud* Davenport (1998, p. 19) informações são “dados dotados de relevância e propósito”.

O observador, ou utilizador, a partir de um processo de análise, pode transformar dados em informações segundo seu ponto de vista e interpretação da realidade, pois é necessário que haja consenso sobre o significado. Por essa razão, a tarefa de administrar a informação torna-se difícil.

A informação é fundamental no cerne das tomadas de decisão e deve estar organizada e imaginada por meio de planejamento estratégico. A partir desse entendimento, adotou-se a seguinte acepção de informação: um conceito dotado de atributos diferenciais e que representa os objetos de interesse de um ambiente observado, de maneira a agregar valor na definição de cenários futuros. Ou seja, é um conjunto de dados interpretados a partir de regras definidas dentro de um contexto e que tem algum tipo de significado para o observador.

2.6.3. Conhecimento

Conhecimento “é a informação coordenada e sistematizada [...] e significa todo o acervo de informações, conceitos, ideias, experiências, aprendizagens que o administrador possui a respeito

de sua especialidade” (CHIAVENATO, 2004, p. 439). Uma observação relevante é a de que “Não é fácil distinguir, na prática, dados, informação e conhecimento. No máximo, pode-se elaborar um processo que inclua os três” (DAVENPORT, 1998, p. 19). Essa ideia é de fácil compreensão, pois requer a qualificação do observador em epistemologia, semiologia, fenomenologia, ciência da informação e ontologia. Este trabalho considera conhecimento como o conjunto de elementos de informação que são acumulados ao longo do tempo e que caracterizam o aprendizado interpretativo da realidade observada.

É relevante lembrar que existem outras influências nessas percepções, tais como: ambiente dinâmico, mudanças sociais, experiência, reflexão, dificuldade de estruturação e comunicação, além das demandas crescentes. Consequentemente, os sistemas de apoio à decisão também têm limitações em suas concepções e duração. A cada utilizador e época, é preciso atualizar as estruturas de uso das informações e, por conseguinte, dos conhecimentos.

2.7. Teoria da informação

Segundo Chiavenato (2004, p. 422),

A teoria da informação é um ramo da matemática aplicada que utiliza o cálculo da probabilidade. A teoria da informação surgiu com as pesquisas de Claude E. Shannon e Warren Weaver para a Bell Telephone Company, no campo da telegrafia e telefonia, em 1949. Ambos formulam uma teoria geral da informação, desenvolvendo um método para medir e calcular a quantidade de informação, com base em resultados da física estatística. A preocupação de Shannon era uma aferição quantitativa de informações. Sua teoria sobre comunicações diferia das anteriores em dois aspectos: por introduzir noções de estatística e por sua teoria ser macroscópica e não microscópica, pois visualizava os aspectos amplos e gerais dos dispositivos de comunicações. (CHIAVENATO, 2004, p. 422).

Basicamente, “O sistema de comunicação tratado pela teoria das informações consiste em seis componentes: fonte, transmissor, canal, receptor, destino e ruído” (CHIAVENATO, 2004, p. 423). Quanto ao ruído,

Significa a quantidade de perturbações indesejáveis que tendem a deturpar e alterar, de maneira imprevisível, as mensagens transmitidas. O conceito de ruído serve para conotar as perturbações presentes nos diversos componentes do sistema, como é o caso das perturbações provocadas pelos defeitos no transmissor ou receptor, ligações inadequadas nos circuitos etc. (CHIAVENATO, 2004, p. 423).

2.7.1. Caos e Teoria do Caos

As organizações podem ser compreendidas como um conjunto de organismos que coexistem e visam um propósito definido, estando expostas as forças ambientais onde existem em processo de ação e reação, influenciando e sofrendo influência. Entretanto, como todo sistema dinâmico, tende a desordem frente às forças do ambiente que atuam.

Essa tendência está fundamentada no entendimento de que o caos atua e prevalece sobre todo sistema orgânico e inorgânico da natureza. A Teoria do Caos explica o funcionamento de sistemas complexos e dinâmicos e diz que tudo no universo tende à desordem e que “pequenas modificações nas condições iniciais acarretariam alterações também pequenas na evolução do quadro como um todo [...] mudanças infinitesimais nas entradas poderiam ocasionar alterações drásticas nas condições futuras do tempo” (SIFFERT, 2011).

As condições iniciais de um sistema, portanto, afetarão seu desempenho futuro. Como então desenvolver esse tipo de atividade, ou seja, orientações de futuro para uma organização em um ambiente repleto de incertezas? Em certas situações é possível:

Um dos conceitos-chave desta teoria é a demonstração da impossibilidade de se fazer previsões que não sejam no curto prazo, pois o comportamento desses sistemas dinâmicos é extremamente sensível às suas condições iniciais tanto internas quanto externas. Além disso, ela propõe que é possível reconhecer padrões qualitativos similares dentro da gama infinita de estados futuros. Desta forma, o estudo dos sistemas caóticos apresenta uma nova maneira de pensar e lidar com o futuro, especialmente no contexto das organizações (PAIVA, 2001).

[...] em sua definição científica, o Caos não significa desordem absoluta ou uma perda completa da forma. Ele significa que sistemas guiados por certos tipos de leis perfeitamente ordenadas são capazes de se comportar de uma maneira aleatória e, desta forma, completamente imprevisível no longo prazo, em um nível específico. Por outro lado este comportamento aleatório também apresenta um padrão ou ordem “escondida” em um nível mais geral [...]. O Caos é a variedade individual criativa dentro de um padrão geral de similaridade. (STACEY, 1991 *apud* PAIVA, 2001).

2.7.2. Entropia termodinâmica

Entropia é a medida de desordem das partículas em um sistema físico – ou o seu grau de desordem ou de irreversibilidade –, sendo maior quanto mais desordem houver. Quanto maior for a organização do sistema, menor será sua entropia. Em sistema fechado a entropia nunca

diminui. Em analogia, a questão fundamental das organizações em sistemas sociais, então, é gerar trabalho com a menor quantidade de energia possível.

Entretanto, a tendência à desordem pode ser entendida por meio da entropia em sistemas dinâmicos, que aparece geralmente associada ao grau de desordem de um sistema termodinâmico, ou seja, é uma medida do grau de desorganização da matéria. O universo tende a aumentar a entropia e, também, as organizações e suas estruturas, causando a natural desorganização das suas informações.

2.7.3. Entropia da Informação

Shannon (1948) criou o conceito de entropia para mensurar a quantidade de informação com base na incerteza, ou seja, algo distinto do conceito em termodinâmica. Ele defendeu que uma mensagem transmitida de uma origem para um destino sofre influências do meio de transmissão, denominado canal.

A esse processo de influência, o autor deu o nome de entropia da informação, que é a grandeza que mede o grau de incerteza, baseada nos mesmos princípios da termodinâmica, mas de modo diferente. Para ele, se há perda de informação, há um aumento da entropia, como o grau de incerteza de uma mensagem.

A ideia da informação como tendo uma natureza ontológica remonta às contribuições de Wiener (1999) onde ele afirma: [...] a quantidade de informação em um sistema é a medida do seu grau de organização, então a entropia de um sistema é a medida de sua desorganização; e uma é simplesmente a negação da outra (SIQUEIRA, 2008).

Para Floridi (2004), a informação, sob a perspectiva filosófica, possui uma natureza indefinida. Propondo abordá-la como objeto de estudo da filosofia da informação, ele procura observá-la sob três aspectos: a) informação como realidade – possui natureza ontológica própria e define-se em leis contrárias às da entropia dos sistemas. Esta é a perspectiva apresentada por Wiener (1999) e Shannon (1948); c) informação sobre a realidade; informação para a realidade. (SIQUEIRA, 2008).

Tratar a informação como realidade é reconhecer a existência ontológica de um princípio organizador no universo. A perspectiva de Shannon (1948) de abordar a informação como a negação de entropia de um sistema define uma natureza transcendente que dota a informação de suas próprias leis. Coloca-a de modo independente de um sujeito que a observe e interprete. (SIQUEIRA, 2008).

A entropia da informação está ligada à desordem de um sistema, que é o grau de aleatoriedade dos seus microeventos: quanto maior o grau de aleatoriedade, maior será o valor da entropia. Isto significa um potencial maior da informação ou máximo de informação transmitida. A desorganização (entropia, incerteza) é diretamente proporcional ao potencial de informação da fonte (SHANNON, 1948).

Para Shannon (1948), quanto maior é a incerteza, a desordem, a entropia, maior é a informação trazida pela mensagem; se a mensagem é previsível, a informação é reduzida ou mesmo nula. Assim, a Teoria da Informação apresenta os elementos relevantes no entendimento da criticidade dos sistemas de comunicação e seus graus de incerteza da informação nos ambientes em análise. Essa teoria deve ser considerada na modelagem de qualquer tipo de sistema e seus diversos mecanismos, processos, métodos, objetos, relacionamentos conceituais, formas, e desenhos obtidos nas análises das informações.

2.8. Cibernética

Cibernética é:

A ciência da comunicação e do controle seja no animal (homem, seres vivos), seja na máquina. A comunicação torna os sistemas integrados e coerentes e o controle regula o seu comportamento. A Cibernética compreende os processos e sistemas de transformação da informação e sua concretização em processos físicos, fisiológicos, psicológicos etc. Na verdade, a Cibernética é uma ciência interdisciplinar que oferece sistemas de organização e de processamento de informações e controles que auxiliam as demais ciências. Para Bertalanffy, "a Cibernética é uma teoria dos sistemas de controle baseada na comunicação (transferência de informação) entre o sistema e o meio e dentro do sistema e do controle (retroação) da função dos sistemas com respeito ao ambiente". (CHIAVENATO, 2004, p. 416).

É o estudo do controle e da comunicação no animal e na máquina, segundo Norbert Wiener em seu livro *Cybernetics* (1948). Constitui um ramo da teoria da informação que compara os sistemas de comunicação e controle de aparelhos produzidos pelo homem com aqueles dos organismos biológicos. (CHIAVENATO, 2004, p. 439).

O campo de estudo da Cibernética "São os sistemas. [...] Sistema é um conjunto de elementos dinamicamente relacionados entre si, formando uma atividade para atingir um objetivo, operando sobre entradas (informação, energia ou matéria) e fornecendo saídas (informação, energia ou matéria) processadas" (CHIAVENATO, 2004, p. 417).

Os principais conceitos relacionados aos sistemas são: entrada, saída, retroação, caixanegra, homeostasia e informação. Para Chiavenato (2004, p. 420) a retroação é uma ação no qual o efeito refluí sobre a causa, incentivando ou inibindo-a.

Chiavenato (2004, p. 439) afirma que a retroação pode ser positiva, quando “é a ação estimuladora da saída que atua sobre a entrada do sistema. Na retroação positiva, o sinal de saída amplifica e reforça o sinal de entrada”; ou negativa, quando “é a ação frenadora e inibidora da saída que atua sobre a entrada do sistema. Na retroação negativa o sinal de saída diminui e inibe o sinal de entrada”. Ainda segundo o autor, a retroação “impõe correções no sistema, para adequar suas entradas e saídas e reduzir os desvios ou discrepâncias, no intuito de regular o seu funcionamento” (CHIAVENATO, 2004, p. 421).

2.8.1. Homeostasia

Chiavenato (2004) apresenta, sobre a homeostasia ou homeostase:

Do grego, *homo* = o mesmo, e *stasis* = equilíbrio, é a tendência do sistema em manter seu equilíbrio interno apesar das perturbações ambientais. O mesmo que auto-regulação ou estado firme. Envolve equilíbrio, permanência e estabilidade. (CHIAVENATO, 2004, p. 495-496).

A homeostasia é um equilíbrio dinâmico obtido pela auto-regulação, ou seja, pelo autocontrole. É a capacidade que tem o sistema de manter certas variáveis dentro de limites, mesmo quando os estímulos do meio externo forçam essas variáveis a assumirem valores que ultrapassam os limites da normalidade. Todo mecanismo homeostático é um dispositivo de controle para manter certa variável dentro de limites desejados. [...] A base do equilíbrio é, portanto, a comunicação e a consequente retroação positiva ou negativa. [...] Os sistemas têm uma tendência a se adaptar a fim de alcançar um equilíbrio interno face às mudanças externas do meio ambiente. (CHIAVENATO, 2004, p. 421).

2.8.2. Redundância

Redundância “é a repetição da mensagem para que sua recepção correta seja mais garantida. A redundância introduz no sistema de comunicação certa capacidade de eliminar o ruído e prevenir distorções e enganos na recepção da mensagem” (CHIAVENATO, 2004, p. 424).

2.8.3. Entropia e entropia negativa

Chiavenato (2004) apresenta, sobre entropia e entropia negativa (negentropia):

Entropia (do grego *entropé* = transformação) é um conceito controvertido nas ciências da comunicação. A entropia é a segunda lei da termodinâmica e refere-se à perda de energia em sistemas isolados, levando-os à degradação, à desintegração e ao desaparecimento. A entropia significa que partes do sistema perdem sua integração e comunicação entre si, fazendo com que o sistema se decomponha, perca energia e informação e degenere. (CHIAVENATO, 2004, p. 424).

Se a entropia é um processo pelo qual um sistema tende à exaustão, à desorganização, à desintegração e, por fim à morte, para sobreviver o sistema precisa abrir-se e reabastecer-se de energia e de informação para manter a sua estrutura. A esse processo reativo de obtenção de reservas de energia e de informação dá-se o nome de entropia negativa ou negentropia. À medida que aumenta a informação, diminui a entropia, pois a informação é a base da configuração e dá ordem. A negentropia, portanto, utiliza a informação como meio ou instrumento de ordenação do sistema. A **negentropia** é o reverso da segunda lei da termodinâmica, ou seja, o suprimento de informação adicional capaz, não apenas de repor as perdas, mas de proporcionar integração e organização no sistema. A informação também sofre uma perda ao ser transmitida. Isso significa que todo sistema de informação possui uma tendência entrópica. Daí decorre o conceito de ruído. Quando nenhum ruído é introduzido na transmissão, a informação permanece constante. (CHIAVENATO, 2004, p. 424).

Entropia significa a tendência para a perda de energia e o desvanecimento do sistema, quando não consegue repor suas perdas. (CHIAVENATO, 2004, p. 495). [...] significa a tendência do sistema para a perda de energia e consequente desagregação, degradação e desaparecimento, quando essa perda é maior do que sua capacidade de manutenção. (CHIAVENATO, 2004, p. 439).

2.8.4. Sinergia

Do grego, *syn*, com e *ergos*, trabalho, significa literalmente “trabalho conjunto”. O conceito de sinergia também é controvertido. Existe sinergia quando duas ou mais causas produzem, atuando conjuntamente, um efeito maior do que a soma dos efeitos que produziriam atuando individualmente. [...] Quando as partes de um sistema mantêm entre si um estado sólido, uma estrita inter-relação, integração e comunicação, elas se ajudam mutuamente e o resultado do sistema passa a ser maior do que a soma dos resultados de suas partes tomadas isoladamente. [...] sinergia constitui o efeito multiplicador das partes de um sistema

que alavancam o seu resultado global. A sinergia é um exemplo de emergente sistêmico: uma característica do sistema que não é encontrada em nenhuma de suas partes tomadas isoladamente. (CHIAVENATO, 2004, p. 424-425).

Para Chiavenato (2004, p. 438),

Alguns conceitos da Cibernética ultrapassaram suas fronteiras e foram incorporados à teoria administrativa: o conceito de sistema e a representação de sistemas por meio de modelos. Outros conceitos, como entrada, saída, caixa negra, retroação, homeostasia e informação são usados hoje na linguagem comum da teoria administrativa. A Teoria da Informação proporciona uma visão ampla dos fenômenos de informação e comunicação dentro das organizações. (CHIAVENATO, 2004, p. 438).

A Cibernética consiste em uma teoria dos sistemas baseada na comunicação (transferência de informação entre o sistema e o seu meio) e no controle (retroação) da função dos sistemas com respeito ao ambiente. Essa teoria se apresenta como fundamental para dar estruturação aos diversos mecanismos, processos, métodos, objetos, relacionamentos conceituais, formas, e desenhos obtidos nas análises das informações, por meio do olhar sistêmico, durante a modelagem das soluções.

2.9. Teoria Geral dos Sistemas

Chiavenato (2004) apresenta que

A Teoria Geral dos Sistemas é a teoria que busca os princípios unificadores capazes de interligar os universos particulares das ciências, de modo que os progressos alcançados em uma ciência possam beneficiar as demais. Trata-se de uma teoria interdisciplinar. (CHIAVENATO, 2004, p. 496).

Com o advento da Teoria Geral dos Sistemas, os princípios do reducionismo, do pensamento analítico e do mecanicismo passam a ser substituídos pelos princípios opostos do expansionismo, do pensamento sintético e da teleologia. [...] Com esses três princípios - expansionismo, pensamento sintético e teleologia - a Teoria Geral dos Sistemas (TGS) permitiu o surgimento da Cibernética e desaguou na Teoria Geral da Administração redimensionando totalmente suas concepções. Foi uma verdadeira revolução no pensamento administrativo. A teoria administrativa passou a pensar sistemicamente. (CHIAVENATO, 2004, p. 410-411).

A Teoria Geral dos Sistemas (TGS) surgiu com os trabalhos do biólogo alemão Ludwig von Bertalanffy, na década de 1950. A TGS “não busca solucionar problemas ou tentar soluções práticas, mas produzir teorias e formulações conceituais para aplicações na realidade empírica” (CHIAVENATO, 2004, p. 474); e se fundamenta em três premissas básicas:

a. Os sistemas existem dentro de sistemas [...] b. Os sistemas são abertos. É uma decorrência da premissa anterior. Cada sistema existe dentro de um meio ambiente constituído por outros sistemas. Os sistemas abertos são caracterizados por um processo infinito de intercâmbio com o seu ambiente para trocar energia e informação. c. As funções de um sistema dependem de sua estrutura. Cada sistema tem um objetivo ou finalidade que constitui seu papel no intercâmbio com outros sistemas dentro do meio ambiente. (CHIAVENATO, 2004, p. 474).

2.9.1. Sistemas

“A palavra sistema denota um conjunto de elementos interdependentes e interagentes ou um grupo de unidades combinadas que formam um todo organizado. Sistema é um conjunto ou combinações de coisas ou partes formando um todo unitário” (CHIAVENATO, 2004, p. 475). O desenho básico de um sistema aberto, apresenta que ele recebe, processa e gera informações, matéria e/ou energia para o ambiente no qual atua. Este, por sua vez, nunca mais será o mesmo após o processamento.

Entende-se que o sistema funciona como um motor de transformação que baseia-se em suas regras de existência, cumpre seu objetivo no contexto onde está inserido, e pode ter resultados positivos, neutros ou catastróficos. O que determinará a qualidade de seus resultados são os elementos epistemológicos, ontológicos e sistêmicos da realidade, na qual os requisitos fundamentais devem ser atendidos, sob pena de ter seu funcionamento afetado e causar resultados imprevisíveis a curto, médio e longo prazo.

Um sistema pode intensificar, dificultar ou destruir o desenvolvimento do ambiente; eliminar ou fortalecer os insumos; ter uma lógica de processamento equivocada ou transformadora desses elementos; gerar resultados não esperados e catastróficos ou potencializadores e transformadores. Isso se aplica a qualquer tipo de sistema aberto, seja industrial, de pesquisa, ou social. Os cuidados a serem tomados com a eficiência e eficácia estão no tratamento das leis de aquisição dos insumos, na estruturação lógica do processamento e nos resultados gerados e entregues.

Um sistema pode agir como um desenvolvedor do ambiente, como empecilho ao desenvolvimento ou seu destruidor. Ele pode atuar como um destruidor dos insumos, ou potencializador desses

elementos. Pode ter uma lógica de processamento equivocada dos insumos ou transformadora, gerando resultados não esperados e catastróficos ou potencializador e transformador do ambiente. Isso se aplica a qualquer tipo de sistema aberto, seja industrial, de pesquisa, ou social. Os cuidados a serem tomados com a eficiência e eficácia dos sistemas estão no tratamento das leis de aquisição dos insumos, na estruturação lógica do processamento e nos resultados que são gerados e entregues.

As portas de comunicação dos sistemas abertos são aplicadas na entrada e na saída. Um sistema possui as seguintes características: propósito ou objetivo a alcançar e globalismo ou totalidade; e “sempre reagirá globalmente a qualquer estímulo produzido em qualquer parte ou unidade. Na medida em que o sistema sofre mudanças, o ajustamento sistemático é contínuo. Das mudanças e dos ajustamentos contínuos do sistema decorrem dois fenômenos: o da entropia e o da homeostasia” (CHIAVENATO, 2004, p. 475-476).

Para Chiavenato (2004, p. 476-477) os sistemas possuem várias tipologias. Em relação à constituição eles podem ser físicos (concretos) ou abstratos (conceituais). Quanto à natureza, podem ser fechados ou abertos e são caracterizados por parâmetros: entrada, saída, processamento, retroação e ambiente. “O sistema aberto se caracteriza por um intercâmbio de transações com o ambiente e conserva-se constantemente no mesmo estado (auto-regulação) apesar de a matéria e a energia que o integram se renovarem constantemente (equilíbrio dinâmico ou homeostase)” (CHIAVENATO, 2004, p. 477-478). A respeito da organização como um sistema aberto, tem-se:

O conceito de sistema aberto é perfeitamente aplicável à organização empresarial. A organização é um sistema criado pelo homem e mantém uma dinâmica interação com seu meio ambiente, sejam clientes, fornecedores, concorrentes, entidades sindicais, órgãos governamentais e outros agentes externos [...] o sistema aberto “pode ser compreendido como um conjunto de partes em constante interação e interdependência, constituindo um todo sinérgico (o todo é maior do que a soma das partes), orientado para determinados propósitos (comportamento teleológico orientado para fins) e em permanente relação de interdependência com o ambiente (entendida como a dupla capacidade de influenciar o meio externo e ser por ele influenciado)”. (CHIAVENATO, 2004, p. 479).

Os sistemas vivos:

Constituem a categoria mais importante de sistemas abertos. Existem certas analogias entre empresas e organismos vivos. A empresa cresce em tamanho pelo acréscimo de partes,

ingere recursos e os transforma em produtos ou viços. Nesse processo, há entradas e saídas e processo de transformação necessário à vida (CHIAVENATO, 2004, p. 479).

O Quadro 1 apresenta o sumário das principais diferenças entre sistemas vivos e organizados.

Quadro 1. Sumário das principais diferenças entre sistemas vivos e organizados

Sistemas vivos (organismos)	Sistemas organizados (organizações)
Nascem, herdando seus traços estruturais.	São organizados, adquirem sua estrutura em estágios.
Morrem, seu tempo de vida é limitado.	Podem ser reorganizados, têm uma vida ilimitada e podem ser reconstruídos.
Têm um ciclo de vida predeterminado.	Não têm ciclo de vida definido.
São concretos – o sistema é descrito em termos físicos e químicos.	São abstratos – o sistema é descrito em termos psicológicos e sociológicos.
São completos. O parasitismo e a simbiose são excepcionais.	São incompletos: dependem de cooperação com outras organizações. Suas partes são intercambiáveis.
A doença é definida como um distúrbio no processo vital.	O problema é definido como um desvio nas normas sociais.

Fonte: Chiavenato (2004, p. 479).

Sobre a Organização como um sistema vivo, Chiavenato (2004) afirma que:

Tratar a organização como um sistema aberto não é uma ideia nova. Herbert Spencer já afirmava na virada do século XX: “Um organismo social assemelha-se a um organismo individual nos seguintes traços essenciais: no crescimento; no fato de se tornar mais complexo; à medida que cresce; no fato de eu, tornando-se mais complexo, suas partes exigem uma crescente interdependência; porque sua vida tem extensão que depende da vida de suas unidades componentes; e porque em ambos os casos há crescente integração acompanhada por crescente heterogeneidade.” (CHIAVENATO, 2004, p. 480).

Os sistemas apresentam outros conceitos complementares, além dos apresentados nesta seção, que são fundamentais para a teoria de sistemas:

- a. Coesão: é a capacidade dos sistemas de apresentar comportamentos de interação, parceria, comunicação e complementariedade. Isso é saudável para os ambientes; e
- b. Acoplamento: é a capacidade dos sistemas de apresentar comportamentos de dependência funcional entre si. Isso não é bom para os ambientes, pois provoca relação de espera por parte dos sistemas dependentes.

Os sistemas devem, portanto, ter baixo nível de acoplamento e alta coesão.

2.9.2. Autopoiese

Uma das características mais relevantes da TGS é o conceito de autopoiese ou autoprodução, que trata de autossuficiência, autorregeneração e autorregulação a fim de manter o equilíbrio dos sistemas, seus subsistemas e supersistemas, em seus comportamentos e estruturas. Segundo Mariotti (1999) o termo poiésis vem do grego e significa criação ou produção. O termo autopoiese ou autopoiesis, criado na década de 1970 pelos biólogos e filósofos chilenos Humberto Maturana e Francisco Varela, significa autoprodução, isto é, a capacidade dos seres vivos de produzirem a si próprios.

A autopoiese, portanto, define os seres vivos como sistemas que produzem continuamente a si mesmos; e considera que um ser vivo é um sistema autopoietico, caracterizado como uma rede fechada de produções moleculares (processos), nos quais as moléculas produzidas geram com suas interações a mesma rede de moléculas que as produziu. A conservação da autopoiese e da adaptação de um ser vivo ao seu meio são condições sistêmicas para a vida.

Outro significado para o termo é auto-organização, na qual os seus componentes subsistêmicos têm a capacidade de se reproduzir mantendo sua organização e autorregeneração. “Esses sistemas são autopoieticos por definição, porque recompõem continuamente os seus componentes desgastados. Pode-se concluir, portanto, que um sistema autopoietico é ao mesmo tempo produtor e produto” (MARIOTTI, 1999). Portanto, um sistema autopoietico:

Trata-se de máquinas que produzem a si próprias. Nenhuma outra espécie de máquina é capaz de fazer isso: todas elas produzem sempre algo diferente de si mesmas. Sendo os sistemas autopoieticos a um só tempo produtores e produtos, pode-se também dizer que eles são circulares, ou seja, funcionam em termos de circularidade produtiva. Para Maturana, enquanto não entendermos o caráter sistêmico da célula, não conseguiremos compreender adequadamente os organismos. (MARIOTTI, 1999).

Sobre determinismo estrutural, Mariotti (1999) comenta que “segundo Maturana e Varela, os seres vivos são determinados por sua estrutura. O que nos acontece num determinado instante depende de nossa estrutura nesse instante” e [...] “a estrutura de um sistema é a maneira como seus componentes interconectados interagem sem que mude a organização” (MARIOTTI, 1999).

Nos ambientes da biologia e extrapolando para o social, isso significa que os sistemas podem funcionar sozinhos:

- a. De maneira fechada, na qual mantém as características de sistema e sua estrutura, com capacidade de resolver problemas existenciais sem sofrer influência de outros sistemas e acionando seus próprios componentes (autorreferência) a fim de se manterem independentes, autossuficientes e se autorregulando; e
- b. De maneira aberta, na qual devem manter a capacidade de se comunicar com outros sistemas do ambiente a fim de interagir, se ajustar, se adaptar e evoluir.

Para Maturana (2001) no sentido do determinismo estrutural como característica básica da existência:

Os sistemas vivos são máquinas moleculares que operam como redes fechadas de produções moleculares tais que as moléculas produzidas através de suas interações produzem a mesma rede molecular que as produziu, especificando a qualquer instante sua extensão. Numa publicação anterior com Francisco Varela, chamei esse tipo de sistemas de sistemas autopoieticos.

Sistemas vivos são sistemas autopoieticos moleculares. Enquanto sistemas moleculares, os sistemas vivos são abertos ao fluxo de matéria e energia. Enquanto sistemas autopoieticos, sistemas vivos são sistemas fechados em sua dinâmica de estados, no sentido de que eles são vivos apenas enquanto todas as suas mudanças estruturais forem mudanças estruturais que conservam sua autopoiese. Ou seja, um sistema vivo morre quando sua autopoiese para de ser conservada através de suas mudanças estruturais. (MATURANA, 2001, p. 174).

Assim, no tratamento sistêmico social há que se considerar que os sistemas de toda ordem são regidos pela autopoiese e que tratam de autoprodução, autossuficiência, autorregeneração e autorregulação a fim de manter o equilíbrio dos sistemas, seus subsistemas e supersistemas, em seus comportamentos e estruturas. Estas condições determinam a existência dos sistemas em seus ambientes e se apresentam como fundamentais para a compreensão dos aspectos estruturantes dos elementos orientadores das soluções sistêmicas.

3. Organização da informação e representações do conhecimento

Os ambientes e seus fenômenos ontológicos e epistemológicos, analisados e arquitetados do ponto de vista da informação interessada, requerem uma organização sistêmica. Segundo Alvares (2011), a Organização da Informação é a disciplina da Ciência da Informação que se

apresenta como o espaço investigativo que fornece os pressupostos teóricos e metodológicos ao tratamento da informação; e é a atividade operacional inerente ao fazer profissional relativo a esse tratamento, por meio da qual se gera uma maneira de encontrar e recuperar a informação, como e quando for preciso, sem grande dificuldade.

Alvares (2011) diz que Representações do Conhecimento são modelos de abstração do mundo real construídos para determinada finalidade. Ou seja, é a aplicação de mecanismos mentais de abstração para captar o conhecimento de interesse dos envolvidos na solução computacional de maneira que atenda aos requisitos organizacionais.

A informação observada do ponto de vista das ciências necessita ser organizada, arquitetada, representada, sistematizada, classificada, possivelmente criada uma taxonomia e tesauro, analisada de maneira linguística e semântica, ter uma terminologia, ser realizada uma análise de conteúdo, indexada, e ainda ter mecanismos tecnológicos que facilitem a sua recuperação para fins de tratamento e análise do tema em estudo.

3.1. Arquitetura da Informação

Arquitetura da Informação é “O escutar, construir, habitar e pensar a informação como atividade de fundamento e de ligação de espaços, desenhados para desenhar” (LIMA-MARQUES, 2006). Em Estudos de Futuro esse conceito possibilita a adoção de estruturas conceituais de modelagem de soluções sistêmicas sociais por meio da ontologia.

3.2. Futuro

Glenn (1994) afirma que “Estudar o futuro não é simples projeções econômicas ou análises sociológicas ou previsões tecnológicas, mas um exame multidisciplinar de mudança em todas as principais áreas da vida para encontrar a dinâmica de interação que está criando a próxima era”. (GLENN, 1994, p. 4). O autor apresenta, sobre métodos de estudo de futuro:

As forças da natureza, a dinâmica social e política, a descoberta científica e inovação tecnológica determinam em grande parte o futuro. No entanto, como a capacidade humana evoluiu, as nossas escolhas cada vez mais moldam o futuro. [...] A sociedade não pode controlar completamente o futuro, mas pode influenciar o curso da história. Essa influência faz o equilíbrio entre o que queremos e o que é possível para valer a pena. [...] O objetivo da metodologia de futuro é explorar, criar e testar sistematicamente as visões de futuro desejáveis

e possíveis. Visões futuras podem ajudar a gerar políticas, estratégias e planos, que ajudam a aproximar as circunstâncias futuras desejáveis e prováveis. (GLENN, 1994, p. 2).

A pesquisa de futuros não é uma ciência; não tem experimentos controlados como física e química. [...] Um dia, a pesquisa de futuros pode se tornar um corpo organizado de suposições e métodos com uma tradição acadêmica mais formal; enquanto isso, pode ser pensado como uma arte em que é criativo e / ou como um ofício na medida em que aplica conhecimento com habilidade. [...] A base empírica do “campo de conhecimento do futuro”, escreve o crítico Pentti Malaska, são todas as ciências, ao passo que a base empírica de qualquer ciência é apenas o domínio daquela ciência. (GLENN, 1994, p. 5).

Do ponto de vista do entendimento do ambiente “A previsão ambiental implica mensurar a atual posição do ambiente da organização e determinar se essa condição pode ser suficiente para desenvolver uma estratégia efetiva para as condições ambientais futuras” (CHIAVENATO; SAPIRO, 2009, p. 100).

Os Estudos de Futuro pressupõem o uso de ferramentas e técnicas de prospecção e estas geram informações para análise e ao final, informações para gerenciamento dos resultados finais. Para isso cada atividade de Estudo de Futuro requer um conjunto de artefatos gerados que deve estar organizado de maneira a atender aos propósitos definidos e as ferramentas empregadas em cada atividade devem permitir o levantamento, tratamento e apresentações das informações desejadas. Já as ferramentas de análise devem possuir a capacidade de colher, estruturar e ordenar as informações que são foco do estudo.

Essas informações devem ser organizadas de maneira a oferecer, ao analista de futuro, modelos de gestão que permitam delinear e investigar resultados; realizar inferências; e até observar a aplicação dos resultados. Nesse contexto, as ciências apresentadas até aqui oferecem a fundamentação teórica necessária a esse propósito, porque incorporam conceitos inerentes aos resultados de um Estudo de Futuro; e definem como tratar a informação gerada para a tomada de decisão na visão dos sistemas organizacionais em determinado horizonte temporal.

3.3. Gestão da Informação

A Gestão da Informação é “o ambiente (e o monitoramento ambiental) com a ambiência interna das organizações, abordando o valor da informação e sua inserção no processo decisório organizacional, modelos e estruturas ambientais de informação nas organizações”

(LIMA-MARQUES, 2006); “o gerenciamento de todo o ambiente informacional de uma organização” (DAVENPORT, 1998); “Um conjunto de processos interligados capazes de fazer com que as organizações adaptem-se as mudanças do ambiente interno e externo, estando em simetria com as atividades de aprendizagem organizacional” (CHOO, 2003). Além dessas definições, tem-se:

A aplicação do ciclo da informação às organizações – geração, coleta, organização, disseminação e uso e inclui também as atividades de monitoramento ambiental (interno e externo), gerando inteligência para a tomada de decisão nas organizações e baseando-se fortemente nas tecnologias de informação e comunicação. (TARAPANOFF, 2006).

Conclui-se que não há sistema organizacional que seja eficiente e eficaz sem uma formal Gestão da Informação integrada.

3.4. Gestão do Conhecimento

Para Wiig (1999, p. 2 e 3) a introdução explícita do termo Gestão do Conhecimento na década de 1980 não aconteceu por acaso, pois fez parte de um processo gradual e de uma evolução natural provocada pela confluência de muitos fatores. Esse conceito tem muitas origens intelectuais, como religião e filosofia; psicologia; economia e ciências sociais; e teoria empresarial.

Em Wiig (1993, p. 16) a Gestão de Conhecimento, em seu sentido amplo, é uma estrutura conceitual que engloba todas as atividades e perspectivas necessárias para obter uma visão geral, lidar e se beneficiar dos ativos de conhecimento da corporação e suas condições. Em um sentido mais restrito e prático, trata-se de um conjunto de abordagens e processos distintos e bem definidos com as seguintes finalidades:

- a. Localizar e gerenciar funções críticas de conhecimento, positivas e negativas, em diferentes tipos de operações;
- b. Identificar novos produtos ou estratégias;
- c. Aumentar a gestão de recursos humanos; e
- d. Alcançar uma série de outros objetivos altamente direcionados.

Wiig (2002, p. 1-3) considera que existem pelo menos quatro facetas de Gestão de Conhecimento: tecnologia; disciplina; filosofia e prática de gestão; e movimento social e empresarial.

Assim, entende-se que não há sistema organizacional que seja eficiente e eficaz sem uma formal Gestão do Conhecimento integrada.

3.5. Engenharia do Conhecimento

Para Pacheco (2014) Engenharia do Conhecimento é a “Disciplina que se dedica à modelagem de conhecimento e a criação e inserção de sistemas de conhecimento nas organizações”. Segundo a UEM (2018),

A Engenharia do Conhecimento procura investigar os sistemas baseados em conhecimento e suas aplicações. A área engloba atividades como: investigação teórica de modelos de representação de conhecimento, estabelecimento de métodos de comparação, tanto do ponto de vista formal como experimental entre os diferentes modelos, desenvolvimento de sistemas baseados em conhecimento e estudo das relações entre sistemas e o processo ensino/aprendizagem. [...] O objetivo do processo de Engenharia do Conhecimento é capturar e incorporar o conhecimento fundamental de um especialista do domínio, bem como seus prognósticos e sistemas de controle. Este processo envolve reunir informação, familiarização do domínio, análise e esforço no projeto. Além disso, o conhecimento acumulado deve ser codificado, testado e refinado. (UEM, 2018).

Observa-se que “A engenharia do conhecimento evoluiu a partir do final dos anos 1970, a partir da arte de construir sistemas especialistas, sistemas baseados no conhecimento e sistemas de informação intensivos em conhecimento” (SCHREIBER *et al.*, 2002, p. 6).

A Engenharia do Conhecimento usa *CommonKADS* que é “uma metodologia abrangente que envolve a rota completa desde gestão do conhecimento corporativo e engenharia do conhecimento, todo o caminho para projeto e implementação de sistemas intensivos em conhecimento, de forma integrada” (SCHREIBER *et al.*, 2002, p. ix).

Schreiber (2002 *et al.*, p. 14-15) apresenta uma pirâmide metodológica com cinco camadas consecutivas: Visão de mundo; Teoria; Métodos; Ferramentas e Uso. Essa abordagem metodológica como *CommonKADS* é estruturada e baseada em princípios fundamentais subjacentes à moderna Engenharia do Conhecimento. A ideia subentendida nesse modelo de

organização é, portanto, tomar os elementos e experiências de várias fontes (incluindo teoria organizacional, análise de processos de negócios e gestão da informação) e integrá-los em um processo coerente e um pacote abrangente voltado para a orientação do conhecimento na organização (SCHREIBER *et al.*, 2002, p. 28).

Assim, a Engenharia do Conhecimento é outra disciplina que deve ser considerada na solução sistêmica social por ter elementos conceituais orientadores das ações consistentes e integradas de desenvolvimento.

3.6. Cadeias de valor, produtiva e de suprimento

A cadeia de valor, conceito proposto por Porter (1992), desagrega uma empresa em suas atividades estrategicamente relevantes, chamadas atividades de valor, com o objetivo de entender o comportamento dos custos e das fontes potenciais de diferenciação. Segundo esse autor, uma organização obtém vantagem competitiva se desempenhar essas atividades, que podem ser classificadas como primárias ou de suporte, de uma forma mais barata e/ou melhor que seus competidores.

Porter (1992) define cadeia de valor como as atividades relevantes de uma empresa, isto é, as que representam custos importantes e as que podem diferenciar as empresas das outras. Não se trata de uma coleção de atividades independentes, mas um sistema de atividades interdependentes, executadas para projetar, produzir, comercializar, entregar e sustentar seu produto; e que podem ser representadas por uma cadeia de valor.

A cadeia produtiva pode ser compreendida como um conjunto de etapas consecutivas, ao longo das quais os diversos insumos sofrem algum tipo de transformação, até a constituição de um produto final (bem ou serviço) e sua colocação no mercado. Trata-se de uma sucessão de operações ou estágios técnicos de produção e distribuição integrados; e executados por diversas unidades. Estas, por sua vez, são interligadas como uma corrente, desde a extração e manuseio da matéria-prima até a distribuição do produto.

Na elaboração da cadeia produtiva, é necessário discorrer sobre cadeia e sistema de valor para melhor compreensão de sua existência. Um desenho de cadeia produtiva para Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) e Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) deve considerar o modelo das cinco forças de Porter (1992): novos concorrentes no mercado, a rivalidade entre concorrentes existentes, os produtos ou serviços substitutos, os clientes e os fornecedores.

Para Porter (1992) a vantagem competitiva é constituída pelo valor que o setor/empresa pode criar para seus compradores e que ultrapassa os custos de produção, criando oportunidades de negócio.

As cadeias de suprimento são um conjunto de elementos organizados harmonicamente para oferecer a estrutura necessária de fornecimento de insumos às cadeias produtivas, sejam elas de produtos ou serviços. Assim, as cadeias de valor são consequência das cadeias produtivas e de suprimento. Todas estão diretamente relacionadas e os valores agregados são transferidos entre elas, tornando-as mais ou menos eficientes e eficazes.

Dessa maneira, é necessário que não haja gargalos nas cadeias produtivas e de suprimento ou, se houverem, que não sejam críticos, para que as cadeias de valor realmente sejam elementos sociais de transformação da produtividade e do bem-estar social. As soluções sistêmicas devem considerar essas observações em momento de estruturação dos diversos mecanismos, processos, métodos, objetos, relacionamentos conceituais, formas, e desenhos obtidos nas análises das informações por meio do olhar sistêmico.

4. Discussão dos principais elementos epistemológicos

Nos Estudos de Futuro, as questões sempre significativas de fundamentação teórica e não tecnológica podem ser respondidas por meio do entendimento do conceito de informação e, a partir deste, a de que a compreensão e a visão de mundo (natureza) devem considerar os conceitos intrínsecos à epistemologia, ciência da informação, semiologia, fenomenologia, ontologia, teoria da informação e teoria geral dos sistemas. Esses conceitos permitem compreender objetos, relações, comunicação, mensagens, sistemas de signos e de significações, com significados e significância, fenômenos e os conhecimentos gerados entre o objeto observado e o observador.

Informações existem em todos os contextos sociais, exercendo ou sofrendo influência; sendo mais ou menos importantes em determinada época; oferecendo mais ou menos capacidade de assessorar a tomada de decisão. Tudo isso sempre depende do observador que a analisa e utiliza. Entretanto, como a informação sofre forte pressão do ambiente onde existe, ela tende à desorganização (problema), pois os ambientes abertos se comportam dessa forma, ou seja, sempre tendem ao caos. A informação estratégica só é considerada como tal quando é dotada de valor relativo aos objetivos da pesquisa e a orienta no caminho da conquista de conhecimento especializado na área de conhecimento em questão.

Os ambientes são dinâmicos por constituição e requerem monitoramento de suas variáveis endógenas e exógenas, a fim de se compreender seu mecanismo existencial. O mercado, com suas demandas atuais e latentes, oferece oportunidades de investimentos e transformações de paradigmas para o desenvolvimento de novos produtos e serviços. As cadeias produtivas, de suprimento e, principalmente, as de valor devem estar alinhadas às necessidades de novas soluções, atender aos requisitos de subsistência e respeitar a sustentabilidade em seu ambiente de atuação.

A investigação prospectiva, que fundamenta os elementos de um estudo de futuro e contém alto grau de incerteza, pode ser mais bem determinada a partir de elementos combinatórios e configuráveis. Estes, por sua vez, impactarão os cenários futuros escolhidos e garantirão que as ações das rotas estratégicas e tecnológicas poderão caminhar ordenadamente em direção à visão de futuro desejada.

A fenomenologia, segundo Hessen (1999), explica que a relação entre sujeito e realidade observada tem duas situações antagônicas: na primeira a de que o objeto observado existe somente a partir do momento de sua observação; e na segunda é que o objeto existe antes mesmo de ser observado. Nos dois casos, o observador deve considerar os cuidados nos mecanismos de observação do objeto para que haja a aquisição de suas propriedades elementares denominadas de dados; a formação de algum tipo de informação; e o consequente aprendizado proporcionado pelo processo de observação (observador – objeto), denominado de conhecimento.

A Teoria da Informação de Shannon (1948) apresenta que a mensagem (ou informação, para o autor) trocada entre origem e destino via canal de comunicação sofre as influências do meio de transmissão (ruídos). Isso provoca o grau de incerteza (imprevisibilidade, redundância ou entropia da informação) e a confusão de entendimentos e interpretações dos dados, informações e conhecimentos da realidade observada.

Complementarmente, a Ontologia oferece e garante a base conceitual para as representações do conhecimento, por meio de artefatos como mapas conceituais, mapas mentais, modelos de dados, desenhos de arquiteturas, planos e projetos, dentre outros. O objetivo é representar a realidade observada por sistemas de signos e de significações adequados; e fazer com que apresente os significados com a significância desejada.

As implicações decorrentes das perfeições dos processos desses mecanismos de percepção e representação do conhecimento são naturalmente qualificadoras dos resultados. Em se

considerando qualquer processo de desenvolvimento e produção e seus ciclos de vida (engenharia de produção – ciclo de vida em V; engenharia de software – ciclo de vida em cascata, espiral, desenvolvimento iterativo e incremental, prototipação, etc.) tem-se os mesmos elementos de constituição: etapas, fases e atividades. Por exemplo, um fluxo de processo genérico de uma solução pode ter as etapas:

Problema apresentado => Estudo do problema => Entendimento do problema => Formulação da solução => Desenvolvimento do projeto de solução => Resultado obtido.

Com base na Teoria do Conhecimento e na Teoria Geral dos Sistemas, é possível afirmar que, inevitavelmente, todas as etapas desse fluxo de processo são totalmente dependentes da qualidade dos elementos constituintes. Cada estágio possui entradas (com informações, energia e matéria); processamento (a partir de informações, energia e matéria); e saídas (com informações, energia e matéria), além das variáveis ambientais que afetam a vida orgânica de todos os elementos do fluxo.

Há que considerar que esse fluxo de processo existe em um ambiente e será influenciado por ele nas entradas, processamento de cada etapa e suas saídas, bem como irá afetar o ambiente nas saídas de cada etapa. Além disso, o resultado final do fluxo de processo irá afetar o ambiente final. Esses elementos podem estar associados a outros sistemas nas entradas, nos processamentos e nas saídas e também ao longo do fluxo. Ou seja, a intensa recursividade de valores de formação e deformação entre o fluxo de processo e o ambiente causa algum tipo de transformação que poderá afetar a percepção e o entendimento dessa realidade. Aqui, são constatadas inconsistências sistêmicas e deficiências nos processos das cadeias de produção, de suprimento e de valor em praticamente todos os sistemas existentes.

Observa-se que em cada etapa do fluxo de processo as falhas são transmitidas (comunicadas por mensagens) e integra suas falhas às da próxima etapa. Esse processo ocorre sucessivamente e gera uma cascata incessante de acúmulos de erros que causa a incoerência informacional e os desvios na qualidade da informação e, conseqüentemente, dos resultados que serão entradas de outra etapa, o que afeta a tomada de decisão.

Aqui destaca-se que essas falhas são caracterizadas pela existência, disponibilidade e qualidade de tudo (tratado como variáveis ambientais) que compõe cada etapa. As incertezas estão presentes em qualquer fluxo de processo, de qualquer área do conhecimento, em especial da Engenharia de Produção e Engenharia de Software. Dessa maneira, pela Teoria da Informação, são necessários mais esforços de informações para conduzir as ações nesse fluxo.

A Entropia da Informação de Shannon (1948) pode ser utilizada para medir as incertezas nesse ambiente linear, pois as mesmas regras se aplicam aos fluxos de processo de uma solução. Ou seja, a probabilidade da ocorrência e incidência de variáveis ambientais (isoladamente ou em conjunto) nas etapas e elementos do fluxo de processo determina a entropia da informação (grau de incerteza provocado por ruídos, imprevisibilidade e redundância) nesse fluxo e suas partes componentes. Consequentemente, quanto maior a incidência de variáveis, maior será a instabilidade, incoerência, desorganização e imprevisibilidade na execução do fluxo de processo.

A aferição em alto nível da qualidade de todos os sistemas se dá pela observação e análise da qualidade de seus resultados finais quando esses são aplicáveis ao uso, como é o caso. Por exemplo, observam-se fragilidades de resultados que afetam as origens do bem-estar social e suas aplicações nas cadeias de valor das seguintes áreas: saúde, transporte, educação, energia, segurança pública, acidentalidade viária, ocupação urbana, produção industrial, turismo, Tecnologia da Informação (TI), CT&I e PD&I, emprego, desenvolvimento social, economia, burocracia, legislação, comércio exterior e política, dentre outras.

Praticamente todas as cadeias produtivas, de suprimento e de valor não são formalizadas e existem a partir de iniciativas de aproveitamento natural das oportunidades, sem qualquer tipo de incentivo ou organização. Seus sistemas funcionam no limite da sobrevivência e, em geral, têm resultados de baixa qualidade, que podem ser percebidos se analisada a jusante onde seus usuários estão localizados. Nessa observação, podem ser constatados, por exemplo, problemas relacionados ao acesso a: insumos importados para pesquisa, consulta médica, especialidades médicas, saneamento básico, energia, moradia, alimentação, medicamentos, transportes, carga tributária imposta a pessoas e empresas, e bem-estar social, dentre outros itens.

O resultado final é que a aplicação de investimentos em políticas, programas, projetos e ações, devem, portanto, considerar esses conceitos, sob pena de se navegar em ambiente hostil ao progresso das áreas de conhecimento, em especial as estratégicas e provocar o histórico desenvolvimento claudicante, no qual retorna-se aos investimentos já realizados para dar manutenção as falhas. Essas, por sua vez, são decorrentes do mau emprego das informações desse fluxo de processo genérico, por desconhecimento e/ou falta de vontade e visão de se investir em conhecimento que gera conhecimento, em uma função recursiva ininterrupta, baseado em Morin (1999, p. 36-37).

Se as questões da entropia da informação se apresentam complexas para análise de ambientes presentes, então nas análises de ambientes futuros esse grau de incerteza

aumenta proporcionalmente às quantidades de ambientes e variáveis ambientais, além do horizonte temporal.

O Brasil apresenta peculiaridades em seu desenvolvimento como nação, uma vez que seu passado contém diversas incoerências históricas e repetições de antigos erros estratégicos. Esses panoramas não aparecem ou acontecem a partir do nada. De maneira geral, os contextos ambientais em que o País se encontra são fruto de ações descoordenadas, ou seja, eles são decorrentes, ou derivados, dessas ações que se acumularam dotadas de erros conceituais e ausência de fundamentos científicos básicos para que as escolhas estratégicas e suas ações se realizassem com equilíbrio sistêmico.

O planejamento estratégico permite que as organizações orientem seus objetivos estratégicos a fim de posicioná-las em um mercado cada vez mais competitivo. Entretanto, percebe-se a ausência, ou baixo índice, de cultura social e institucional em planejamento estratégico de longo prazo que utilize a análise prospectiva estratégica tendo como referência estudos de futuro.

A vasta bibliografia que analisa e discute CT&I e PD&I no País e no exterior, além da grande oferta de recomendações com reflexões e resultados de casos exitosos, pode ser um meio para reverter esse quadro. Pode-se também estudar e aplicar no Brasil as causas do sucesso de países desenvolvidos, como Estados Unidos, Alemanha, França, Inglaterra, Suécia, e Noruega; e em desenvolvimento, como China, Coreia do Sul, Islândia e Israel. Essas referências apresentam processos exitosos de tomada de decisão em relação ao desenvolvimento científico e tecnológico, com resultados revertidos diretamente para a sociedade e o consequente desenvolvimento econômico e bem-estar social.

5. Conclusão

As ciências do conhecimento atuam em contextos sociais modernos; estão totalmente imersas em seus critérios estruturais e éticos, dos quais são dependentes; e influenciam e sofrem sua influência. As informações em ambiente futuro são as mesmas do presente, mas tratadas segundo variáveis que as amplificam, atenuam, ou até mesmo as prevêm segundo controles científicos. Pode-se entender, também, que a informação futura pode ser identificada por meio de análise de perspectivas, considerando as tendências do tema em questão. Essa análise ocorre por meio de identificação de variáveis ou dimensões que permitem dar o contorno ao tema e entendê-lo por partes especializadas, como: economia, mercado, tecnologia, talentos, infraestrutura física, infraestrutura institucional, marco legal, dentre outras.

Um perfeito entendimento dos objetos que poderão existir no futuro, além de suas relações, permite identificar as futuras informações e seus impactos no negócio em questão. A análise prospectiva é uma poderosa ferramenta para estudo de futuro e identificação das informações que poderão compor cenários escolhidos.

Cabe ressaltar que a percepção de um observador caracteriza-se apenas por uma visão parcial dos objetos do ambiente, ou seja, é dotada de critérios de verdade limitados a apenas uma percepção em todos os sentidos científicos e que não permitem uma representação plena do conhecimento. Portanto, a aplicação dos saberes científicos e organizacionais das ciências do conhecimento em estudos de futuro de sistemas sociais deve ser metodicamente adaptada de maneira que os objetos de um ambiente e suas relações, percepções, aceitações conceituais éticas e linguagens interpretativas sejam inerentes ao contexto cultural e temporal.

Esta pesquisa apresentou a fundamentação necessária para a compreensão de que a realidade observada pode ser entendida como um conjunto de sistemas que se relacionam em estrutura de composição, com acoplamento e coesão; e formam um ambiente estável e equilibrado, de baixa entropia ou de entropia negativa.

Por fim, um dos resultados desta pesquisa foi a descoberta da necessidade de se propor um Modelo de Engenharia Prospectiva Baseado em Informações Estratégicas para tratar todos os elementos epistemológicos apresentados, tema este que já é foco de tese de doutorado de um dos autores.

Referências

ALVARES, L. **Organização da informação**. Disciplina de fundamentos da organização da informação. Brasília: Faculdade de Ciência da Informação. Universidade de Brasília. 2011.

ARISTÓTELES. **Metafísica**. Porto Alegre: Editora Globo, 1969, Livro IV, 1, 1003a 20, p. 87. (Ética e Metafísica).

BERTALANFFY, L.V. **Teoria geral dos sistemas**. Petrópolis: Vozes; 1975.

BORKO, H. Information science: what is it? **American Documentation**, v. 19, n. 1, p. 3-5. 1968.

CAPURRO, R. Epistemologia e Ciência da Informação. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO – ENANCIB, 5. **Anais...** Belo Horizonte (Brasil): Escola de Ciência da

Informação da UFMG, 2003. 19 p., 10 nov. 2003. Trad. CABRAL, A.M.R.; DIAS, E.W.; PAIM, i.; DUMONT, L.M.M.; AUN, M.P.; BORGES, M.E.N. 2003.

_____. Desafios teóricos y prácticos de la ética intercultural de la información. In: _____. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ÉTICA DA INFORMAÇÃO, 1. FREIRE, G.H. de A. (Org.) **Ética da Informação: conceitos, abordagens, aplicações**. João Pessoa: Ideia, 2010.

CAPURRO, R.; HJORLAND, B. The Concept of information, **Perspectivas em Ciência da Informação**, v.37, p.343-411, 2003.

CHIAVENATO, I. **Introdução à teoria geral da administração**: uma visão abrangente da moderna administração das organizações. 7.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

CHIAVENATO, I.; SAPIRO, A. **Planejamento estratégico**: Fundamentos e aplicações: da intenção aos resultados. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

CHOO, C.W. **Gestão da informação para a organização inteligente: a arte de explorar o meio ambiente**. Lisboa: Editorial Caminho, 2003.

DAVENPORT, T.H.; PRUSAK, L. **Ecologia da Informação**: por que só a tecnologia não basta para o sucesso na era da informação. 3. Ed. São Paulo: Futura, 1998.

DRUCKER, P.F. O advento da nova organização. In: **Gestão do conhecimento**. Harvard Business Review. (Trad. de Afonso Celso da Cunha Serra). Rio de Janeiro: Campus, 2000.

FLORIDI, L. Open problems in the philosophy of information. **Metaphilosophy**. v. 35, n. 4, p. 554–582. 2004.

GEBARA, C.F. de P.; LOURENÇO, L.M. Crenças de profissionais da saúde sobre violência doméstica contra crianças e adolescentes. **Psicologia em Pesquisa**. UFJF. v. 2, n. 1, p. 27-39. jan.-jun. 2008.

GLENN, J.C. Introduction to the futures research methods series. In: GLENN, J.C. ; GORDON, T.J. **Futures Research Methodology**. AC/UNU Millennium Project. 1994.

GÓMEZ, M.N.G. de. **Desafios contemporâneos da ciência da informação**: as questões éticas da informação. Rio de Janeiro: IBICT-UF RJ. 2009.

HEIDEGGER, M. **Sein und Zeit**. Tübingen: Max Niemeyer, 1960.

HESSEN, J. **Teoria do conhecimento**, 1.ed. São Paulo: Martins Fontes, 1999.

HUSSERL, E. **Méditations cartésiennes**: introduction à la phénoménologie. Trad. G. Peiffer e E. Levinas. Paris: Vrin, 1969.

INSTITUTO DE ESTUDOS AVANÇADOS - IEA. Universidade de São Paulo. **Workshop identifica obstáculos e caminhos para a cooperação academia-indústria**. Publicado por Mauro Belles - 30/06/2017 - 15:25 - última modificação 28/07/2017 - 10:03. Disponível em: <<http://www.iea.usp.br/noticias/cooperacao-academia-industria>>. Acesso em: 20 abr. 2018.

LIMA-MARQUES, M. Arquitetura da Informação: uma visão sistêmica. **Revista da Fábrica**, n. 4, p. 17, jan-fev, 2006.

MARIOTTI, H. **Autopoiese, cultura e sociedade**. Escola de Diálogo de São Paulo. Associação Palas Athena, São Paulo. Dez. 1999. Disponível em: <<http://www.dbm.ufpb.br/~marques/Artigos/Autopoiese.pdf>>. Acesso em: 07 dez. 2017.

MATURANA, H. (MAGRO, C.; PAREDES, V., orgs.). **Cognição, ciência e vida cotidiana**. Belo Horizonte: UFMG, 2001. Disponível em: <<http://projetosntenoite.pbworks.com/w/file/57862773/Humberto%20Maturana%20-%20Cogni%C3%A7%C3%A3o,%20Ci%C3%Aancia%20e%20Vida%20Cotidiana.pdf>>.

MORIN, E. **O método 3. O conhecimento do conhecimento**. Porto Alegre: Sulina, 1999. p.1-40.

NONAKA, I.; TAKEUCHI, H. **The knowledge-creating company** (Criação de conhecimento na empresa), Nova York: Oxford University Press, 1995.

PACHECO, R.C.D.S. **Dados e governo abertos na sociedade do conhecimento**. Florianópolis, SC: Linked Open Data - Brasil. 2014.

PAIVA, W.P. de. A Teoria do caos e as organizações. Programa de Mestrado do Curso de Administração da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo. **Caderno de Pesquisas em Administração**, São Paulo, v. 8, n. 2, abr.-jun. 2001.

POPPER, K.R. **Conhecimento objetivo: uma abordagem evolucionária**. São Paulo: EDUSP, 1975.

PORTER, M.E. **Vantagem competitiva: criando e sustentando um desempenho superior**. 7. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1992.

SCHREIBER, G.; AKKERMANS, H.; ANJEWIERDEN, A.; HOOG, R.; HADBOLT, N.; VELDE, W.V.; WIELINGA, B. **Knowledge engineering and management: the CommonKADS methodology**. [S.l.]: Massachusetts: MIT Press, 2002.

SHANNON, C.E. **A mathematical theory of communication**. Bell, 1948.

SHANNON, C.E.; WEAVER, W. **The mathematical theory of communication**. Urbana: University of Illinois Press, 1949. 117p.

SIFFERT, C. **Teoria do caos e complexidade**. 2011. Disponível em: <<https://teoriadacomplexidade.com.br/wp-content/uploads/2016/10/TeoriaDoCaos-e-Complexidade.pdf>>. Acesso em: 01 jan. 2018.

SIQUEIRA, A.H. Sobre a natureza da tecnologia da informação. **Ci. Inf.**, Brasília, v. 37, n. 1, p. 85-94, jan.-abr. 2008.

STACEY, R.D. **The chaos frontier: creative strategic control for business**. Oxford: Butterworth Heinmann, 1991.

STUMPF, K. Abordagens recentes sobre **ética** no campo da Ciência da Informação no Brasil (Recent approaches on ethics in the field of Information Science in Brazil). Programa de Pós Graduação em Ciência da Informação, Universidade Federal de Santa Catarina. Data Grama Zero - **Revista de Ciência da Informação**, v.11, n.6, dez. 2010.

TARAPANOFF, K. (Org.). **Inteligência, informação e conhecimento**. Brasília: IBICT, UNESCO, 2006.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ - UEM. **Engenharia e representação do conhecimento**. Disponível em: <http://www.din.uem.br/ia/conhecimento/intro_ec.htm>. Acesso em: 10 jan. 2018.

WIENER, N. **Cibernetics**. Cambridge: The MIT Press, 1999.

WIIG, K.M. **Knowledge management foundations: thinking about thinking -- how people and organizations create, represent, and use knowledge**. Texas: Schema Press, 1993. v. 1.

_____. **Knowledge management: an emerging discipline rooted in a long history**. Draft of Chapter 1 in Knowledge Management. CHAUVEL, D.; DESPRES, C. eds. 1999. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/228713816_Knowledge_Management_An_Emerging_Discipline_Rooted_in_a_Long_History>. Acesso em: 07 set. 2017.

_____. **Knowledge management has many facets.** 2002. Disponível em: <http://www.krii.com/downloads/Four_KM_Facets.pdf>. Acesso em: 27 dez. 2017.

ZUBEN, N.A. von. A Fenomenologia como retorno à Ontologia em Martin Heidegger. **Trans/Form/Ação**, Marília, v. 34, n. 2, p. 85-102, 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/trans/v34n2/ao6v34n2.pdf>>. Acesso em: 07 dez. 2017.

SEÇÃO 3

CIÊNCIAS AMBIENTAIS

A evolução dos bolsistas de produtividade e de desenvolvimento
tecnológico do CNPq: um estudo de caso para Ciências
Ambientais

Histórico de impactos ambientais e o estado da arte em Oceanografia
no sistema estuarino-lagunar de Suape-Ipojuca (PE)

Análise dos componentes da fração arenosa como indicadores
ambientais no sistema costeiro associado ao Complexo Industrial
Portuário de Suape (PE)

A evolução dos bolsistas de produtividade e de desenvolvimento tecnológico do CNPq: um estudo de caso para Ciências Ambientais

Ana Cláudia de Souza Mota¹, Cristiano Alves da Silva Júnior², Jackson Max Furtunato Maia³,
Alerino dos Reis e Silva Filho⁴, José Cláudio Del Pino⁵

Resumo

Este artigo apresenta resultados de uma caracterização da evolução da concessão de bolsas de Produtividade em Pesquisa (PQ) e de Desenvolvimento Tecnológico (DT) no Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). O processo de análise e visualização de dados foi empregado para um estudo mais detalhado do caso de bolsistas PQ do Comitê Assessor de Ciências Ambientais (CA-CA), ao qual foram vinculados 526 pesquisadores no

Abstract

This article presents the results of a characterization of the National Council for Scientific and Technological Development [acronym in Portuguese (CNPq)] scholarship concession programs on "productivity in research" [acronym in Portuguese (PQ)] and "technological development" [acronym in Portuguese (DT)] grants. An analysis and visualization method was elaborated for this study referring to data, made available by CNPq, from the period between 2000 and 2018. The process was used for a more detailed study of the PQ

-
- 1 Analista em Ciência e Tecnologia do CNPq. Mestre em Geologia Ambiental e Sedimentar pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).
 - 2 Estudante de Engenharia de Produção na Universidade de Brasília (UnB). Foi estagiário do Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE).
 - 3 Analista em Ciência e Tecnologia Sênior do Inpe e assessor do CGEE. Foi coordenador técnico da Coordenação de Apoio à Pesquisa, Desenvolvimento e Aplicações (COAPD) do CNPq e da Coordenação de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação da AEB. É doutor em Ciências (Física) pela Universidade de São Paulo.
 - 4 Graduação em Administração pelo Instituto de Educação Superior de Brasília (IESB). Assistente em Ciência e Tecnologia do CNPq e Coordenador de Dados e Informações (CODIN) do CNPq.
 - 5 Professor do Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Pós-doutor pela Universidade de Aveiro, Portugal, Doutor em Engenharia de Biomassa, UFRGS. Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq.

período que abarca a criação do Comitê Especial de Ciências Ambientais, em 2006, a criação do Comitê Assessor, em 2009, até concessões, em 2018. Foi feita uma análise do perfil de publicações dos bolsistas PQ do CA-CA (2009 a 2018). Os métodos desenvolvidos deverão ser úteis para futuras análises de bolsas de produtividade e desenvolvimento tecnológico do CNPq.

Palavras-chave: Produtividade em Pesquisa. Desenvolvimento Tecnológico. Comitês de Assessoramento. Publicações.

scholarship cases in the Committee of Environmental Sciences [acronym in Portuguese (CA-CA)], of which 526 researchers were linked in the period that includes the creation of the Special Committee on Environmental Sciences in 2006, the creation of the CA-CA in 2009 until concessions in 2018. The developed methods used in this study should be useful for future analysis on productivity scholarships at CNPq.

Keywords: Productivity in Research. Technological Development. Advisory Committees. Publications.

1. Introdução

O Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) é um dos principais órgãos brasileiros de financiamento da pesquisa científica. Entre as formas de financiamento do CNPq, estão incluídas as bolsas de Produtividade em Pesquisa (PQ) e de Desenvolvimento Tecnológico (DT), que são atribuídas a pesquisadores de diferentes áreas do conhecimento. O fomento das bolsas engloba todas as grandes áreas do conhecimento classificadas pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes).

A implementação da bolsa PQ teve início em 1976, com os objetivos iniciais de incentivar a produção científica e contribuir para que o Brasil viesse a alcançar alto grau de maturidade e consolidação científica.

De acordo com a Resolução Normativa (RN) RN-028/2015, em seu Anexo III, a modalidade de bolsa PQ é concedida ao pesquisador que possui título de doutorado e cuja produção científica se destaca entre os seus pares, como uma forma de reconhecimento e valorização pelo seu trabalho (CNPQ, 2015). Muitos doutores têm interesse nessa bolsa, em função de atribuir um *status* acadêmico privilegiado a quem a detêm, além de abrir portas para outros financiamentos e papeis de coordenação entre grupos de pesquisas.

As bolsas PQ são divididas, atualmente, em 03 categorias: Sênior (PQ-Sênior); PQ 1 (dividido em 04 subcategorias: PQ 1A, PQ 1B, PQ 1C e PQ 1D); e PQ 2. A bolsa PQ-Sênior, criada em 2007, não

faz parte do julgamento de bolsas como nas modalidades 1 e 2, sendo julgada pelo Conselho Deliberativo do CNPq, a pedido do pesquisador que se manteve nos níveis 1A ou 1B por, no mínimo, 15 anos ininterruptos.

Os candidatos à bolsa PQ são julgados pelos Comitês de Assessoramento (CA) para cada subárea do conhecimento. Os CA são compostos de pesquisadores reconhecidos daquela subárea e indicados pelo Conselho Deliberativo do CNPq que, por sua vez, seleciona os referidos membros por meio de consultas às entidades e à comunidade científicas, entre outras instâncias. Os CA se reúnem periodicamente para avaliar as propostas submetidas e indicar os selecionados. Uma das funções de um CA é atribuir os níveis da bolsa de produtividade para os pesquisadores que submeteram propostas.

A criação da Bolsa de Produtividade em Desenvolvimento Tecnológico e Extensão Inovadora ocorreu em 2005, por meio da Instrução de Serviço (IS) 013/2005, com os objetivos de incentivar: a execução de projetos de desenvolvimento tecnológico ou de pesquisa básica ou aplicada; assim como atividades de extensão inovadoras e de transferência de tecnologia (CNPQ, 2005). A RN-028/2015, em seu Anexo II, estabelece os critérios específicos para a modalidade (CNPQ, 2015).

As bolsas DT são divididas em 02 categorias: DT 1 (subdividida em outras 04 subcategorias: DT 1A, DT 1B, DT 1C e DT 1D); e DT 2. A bolsa DT não possui a modalidade Sênior como as bolsas PQ.

As durações das bolsas de PQ e DT são: na categoria 1A, de 60 meses; nas categorias 1B, 1C e 1D, de 48 meses; e na categoria 2, de 36 meses.

2. Histórico

2.1. O CNPq

Em 15 de janeiro de 1951, por meio da entrada em vigor da Lei n.º 1.310, foi criado o Conselho Nacional de Pesquisas, órgão então direta e imediatamente subordinado à Presidência da República. No Capítulo 1º - Dos fins e competência do Conselho Nacional de Pesquisas -, em seu Artigo 1º, define-se que o Conselho Nacional de Pesquisas teria por finalidade promover e estimular o desenvolvimento da investigação científica e tecnológica em qualquer domínio do conhecimento (BRASIL. Câmara dos Deputados, 1951).

Em meados de 1960, passou-se a observar, nos pronunciamentos oficiais, uma crescente ênfase aos problemas da ciência e tecnologia. Dentro desse contexto, foi criado, em 1964, o Fundo de Desenvolvimento Técnico Científico (Funtec):

“[...] cujos recursos deveriam destinar-se ao fomento das atividades de pesquisa [...] através da geração de recursos para aumentar a oferta de campos de atividades em ciência e tecnologia e a formação e o aperfeiçoamento de pessoal técnico-científico no País, além de incentivos para incrementar a demanda tecnológica das empresas nacionais”. (BRASIL. SEPLAN/CNPQ, 1981).

Em 1974, o Conselho transformou-se em fundação de direito privado, com a denominação de Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), vinculada à Secretaria de Planejamento da Presidência da República (Seplan).

Em 1985, o CNPq passou a ser vinculado ao Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT) e tornou-se o centro do planejamento estratégico da ciência no Brasil.

Nos anos 1990, o CNPq criou instrumentos substanciais para as atividades de fomento: a Plataforma Lattes e o Diretório dos Grupos de Pesquisa. Tais instrumentos têm papel central na avaliação, no acompanhamento e direcionamento para políticas e diretrizes de incentivo à pesquisa.

2.2. Comitês de Assessoramento (CA) do CNPq

Ainda no ano de 1976, foram criados 15 Comitês Assessores no CNPq (GARCIA, 2001). As funções desses comitês não eram diferentes das atuais, ou seja: a definição de diretrizes das ações de fomento; a definição dos critérios para a distribuição de recursos; e a avaliação do desempenho dessas ações. À época, os CA eram constituídos por 5 ou 6 membros com mandatos de 2 anos e permissão para 1 recondução (CAGNIN; SILVA, 1987).

No ano de 1979, o CNPq começou a contratar técnicos que ficariam responsáveis pela interação entre os CA, os pares consultados (consultoria *ad hoc*) e o próprio CNPq.

O julgamento das solicitações de apoio financeiro, nas distintas modalidades, tem passado por diferentes etapas desde aquela época. Em primeiro lugar, cada proposta é enviada a especialistas, cujas opiniões qualificadas servem de subsídio à discussão realizada nos CA. Os critérios utilizados para chegar a uma resolução combinam o mérito científico das solicitações com as

quotas estabelecidas para cada uma das áreas disciplinares. A distribuição de recursos por área disciplinar tem se baseado principalmente no volume da demanda qualificada, reforçando a tendência de contemplar melhor as áreas que têm o maior número de solicitações com mérito (GARCIA, 2001, p.92).

A partir de 1986, os CA tiveram seu papel revalorizado, como mecanismo de interface com a comunidade científica e técnica, em suas várias áreas de conhecimento. Esse sistema de escolha continua até os dias atuais.

Após uma série de questionamentos da comunidade científica, sobre em quais parâmetros se baseavam os comitês na classificação de pesquisadores, em 2015, o CNPq solicitou, a todos os comitês de assessoramento, que estabelecessem critérios de julgamento trienais. Esses critérios foram disponibilizados no sítio do CNPq, de modo que se tornassem mais transparentes e passíveis de acompanhamento em relação aos resultados de recomendações das bolsas. Desde então, há um esforço dos comitês em definir parâmetros numéricos e/ou qualitativos que melhor definam as diferenças entre as categorias/os níveis de bolsas PQ (SANTOS; CAMPOS, 2010).

Cabe destacar que o processo de seleção para a escolha dos pesquisadores que integram os CA passa por uma fase de ampla e periódica consulta à comunidade científica. A cada dois anos, são consultados: todos os pesquisadores de nível 1 do Programa de Bolsas de Produtividade em Pesquisa do CNPq; representantes das sociedades científicas e tecnológicas de âmbito nacional; e das associações civis de âmbito nacional com atuação na área tecnológica. Os envolvidos na consulta devem propor nomes de pesquisadores de reconhecida competência da categoria 1 do CNPq nas diversas áreas de interesse. A partir dessa listagem de nomes sugeridos, o Conselho Deliberativo escolhe os assessores, realizando ajustes e buscando equilibrar a composição de cada comitê, segundo critérios regionais, institucionais, de subespecialidades e de gênero (GARCIA, 2001).

Além disso, em consonância com a Lei n.º 12.527/2011 (Lei de Acesso à Informação) - que regulamenta o direito constitucional de acesso às informações públicas a qualquer pessoa física ou jurídica -, os proponentes de bolsas PQ e DT podem ter acesso irrestrito aos pareceres, preservando a identidade do parecerista, seja ele da área técnica, de consultoria *ad hoc* ou membro do comitê assessor que emitiu o parecer.

Atualmente, o CNPq possui 48 comitês de assessoramento que englobam todas as grandes áreas do conhecimento classificadas pela Capes.

2.2.1. Comitê de Assessoramento de Engenharias e Ciências Ambientais (CA-CA)

Em 25 de junho de 2003, na 125ª Reunião do Conselho Deliberativo (CD), por proposta do presidente, foi aprovada a iniciativa de criação de comitês, inicialmente na categoria de temáticos, nas áreas de Defesa; Ética Biológica; e Pesquisa Tecnológica em Biologia. Em seu Capítulo 3º - Dos Comitês Temáticos, no Artigo 29 - Os Comitês Temáticos (CT) destinam-se a prestar assessoria ao CNPq na formulação de políticas e na avaliação de projetos e programas relativos às ações especiais desenvolvidas pela Agência. O parágrafo único do mesmo artigo estabelece que "Os Comitês Temáticos ⁶ terão perfil, composição e mandato definidos, especificamente, para cada necessidade" (CD/CNPQ, 2003).

Em 12 de fevereiro de 2004, ainda de acordo com o conceito de comitê temático, foi instituído o Comitê Especial de Assessoramento em Ciências Ambientais (CE-CA), constituído de cinco membros (mais um suplente) relacionados às seguintes áreas temáticas: Litosfera; Hidrosfera; Atmosfera; e Ciências Humanas e Sociais, estas últimas com dois representantes (CD/CNPQ, 2004).

Em 09 e 10 de abril 2008, durante a 143ª Reunião do Conselho Deliberativo, houve a definição dos comitês temáticos (conforme item 3.4 da respectiva Ata) (CD/CNPQ, 2008). O presidente do CD iniciou o seu informe sobre a matéria reportando-se à RN 022/2005 (CNPQ, 2005), que dispõe sobre a constituição e o funcionamento da assessoria científico-tecnológica ao CNPq, prestada sob várias instâncias de organização. Ressaltou que nessa norma, há uma nítida distinção entre os Comitês de Assessoramento e os Comitês Temáticos. Enquanto os primeiros são órgãos permanentes que tratam de ações contínuas relacionadas com as atividades regulares, os outros são órgãos transitórios destinados a se ocupar de programas e ações especiais. Enquanto os membros dos CA têm mandatos de dois a três anos, os CT foram definidos o atendimento específico de cada área. Os atuais CT (Bioética; Ciências Ambientais; Defesa; Desenvolvimento e Inovação Tecnológica em Biologia; e Divulgação Científica), os primeiros instituídos, desde que foram criados e ao longo dos últimos três anos tiveram uma atuação semelhante à dos CA.

Vencido o prazo dessa constituição inicial, conforme estabelece o artigo 33 da RN 022/2005, cabe a cada um dos CT preparar um relatório contendo uma análise dos problemas enfrentados durante sua vigência, além de sugestões e recomendações para novas ações na respectiva área. Diante desses dispositivos legais, foi aprovada a proposta do presidente do CD de concessão de um prazo de seis meses para que cada CT encaminhasse, para apreciação do CD, o relatório em referência. Enquanto isso, o CNPq continuará apoiando, por meio dos outros instrumentos existentes, as áreas compreendidas por esses comitês.

6 O termo Comitê temático (CT) era uma expressão utilizada para os comitês que não eram Comitês de Assessoramento (CA), por exemplo, Comitê Especial de Ciências Ambientais (CE-CA).

Na 146ª Reunião do Conselho Deliberativo do CNPq, realizada em novembro de 2008, foi aprovada a transformação do CE de Ciências Ambientais em Comitê Assessor, agora com o nome de Engenharia e Ciências Ambientais, absorvendo os CA de Ciências Atmosféricas/Meteorologia (AT) e Engenharia Ambiental (AM), com oito membros titulares e quatro suplentes (CD/CNPQ, 2008).

O CA-CA é formado, atualmente, por 04 subáreas: Meteorologia; Recursos Hídricos; Saneamento Básico; e Ciências Ambientais. Em 2018, chegou a 319 o número de bolsistas PQ no CA-CA. No presente trabalho, procura-se caracterizar quase 10 anos de atividades do CA de Engenharias e Ciências Ambientais.

3. Metodologia

A abordagem metodológica desse estudo compreendeu: (i) formulação de perguntas; (ii) coleta de dados que pudessem mostrar a evolução da implementação de bolsas PQ em determinado período; (iii) visualização do cenário por meio de diagramas Sankey; (iv) análise quantitativa das publicações dos bolsistas (PQ) do CA-CA.

A primeira pergunta buscou investigar se o CA-CA possuía uma alta mobilidade de pesquisadores, devido à sua característica multidisciplinar. A segunda pergunta teve como finalidade saber quais os tipos de publicações preferenciais dos bolsistas PQ do CA-CA. Observou-se que existe uma tendência de preferência de publicação em anais de congressos nas engenharias, enquanto que, em ciências humanas, há preferência por capítulos de livros e, em ciências naturais, por artigos em periódicos. Considerando-se que o CA-CA tem pesquisadores de diferentes grandes áreas, é relevante identificar essas preferências.

A validação dos dados foi uma das tarefas mais difíceis nesse estudo. Numa primeira tentativa, foram analisados dados do total de propostas encaminhadas (demanda bruta) para todos os CA. Foi necessário coletar dados do total de propostas para tornar possível a identificação de todas as possíveis trocas de proponentes entre CA, em um determinado período. Na primeira avaliação, notou-se que esses dados não seriam suficientes, uma vez que havia ambiguidades sobre o exercício de atividades dos bolsistas. Por exemplo, algum bolsista poderia estar cursando estágio sênior no exterior (ESN), de tal forma que não estaria recebendo bolsa e, portanto, não deveria ser computado em um determinado ano. Além disso, não foi possível discriminar os bolsistas classificados como prioridade 1 (aqueles que estavam em folha de pagamento, portanto, tinham bolsa vigente) ou prioridade 2 (aqueles que foram recomendados, mas não receberam bolsa), pois

o registro para ambos os casos era o mesmo (favorável). Por fim, dados de demanda apresentavam ambiguidades adicionais para os casos de alterações de vigências ou de extinção de modalidades de bolsas que ocorreram nos últimos 20 anos, no CNPq.

A melhor solução encontrada foi coletar dados de folha de pagamento. Para tanto, uma planilha foi gerada por meio de uma ferramenta de *Online Analytical Processing* (OLAP), com dados de 2000 a 2018, período que abarca a carga de dados do CNPq nessa ferramenta. O termo OLAP refere-se a um conjunto de ferramentas voltadas para o acesso e a análise *ad hoc* de dados, com o objetivo final de transformar dados em informações capazes de dar suporte às decisões gerenciais. Essa ferramenta possibilita a manipulação e a análise de um grande volume de dados, sob múltiplas perspectivas, incluindo a variável tempo (ARAÚJO; BATISTA; MAGALHÃES, 2007). A planilha gerada traz as seguintes informações: número do processo, nome do beneficiário, Cadastro de Pessoa Física (CPF), sexo, nome do comitê assessor (por exemplo, Ciências Ambientais), código do Comitê de Assessoramento (CA), nacionalidade, data de início do processo (01/03/2013), data de término do processo (28/02/2017), nome da modalidade (PQ), categoria/nível e valor, em reais (\$) do somatório de todas as bolsas recebidas no período. Posteriormente, foi verificada a necessidade de inclusão do ano de pagamento de bolsas, entre os atributos dos dados, para a identificação de eventuais mudanças de comitê de assessoramento ao longo da vigência de um dado processo.

Após o tratamento dos dados contidos da planilha final gerada pelo OLAP, buscou-se uma visualização que fosse, ao mesmo tempo, compacta e efetiva para comunicar todos os fluxos de migrações de bolsistas PQ e DT do CNPq, ao longo do período estudado. Dos diagramas de fluxo disponíveis, optou-se por retratar as variáveis CPF, CA e ano, em um diagrama Sankey, como mostrado na próxima seção.

4. Resultados

A análise exploratória dos dados coletados de todas as bolsas PQ e DT concedidas pelo CNPq no período 2000-2018, incluindo entradas e saídas da folha de pagamento de bolsistas, pode ser resumida em um diagrama Sankey, como mostrado na Figura 1. O eixo horizontal da figura representa os anos do período considerado neste estudo. As barras verticais de cada ano representam, de cima para baixo: pesquisadores com bolsas vigentes, pesquisadores que ainda não entraram no sistema de fomento e pesquisadores que saíram do sistema de folha de pagamento (“em Folha de Pagamento”, “Futuros Bolsistas” e “Sem Registro”, respectivamente). Na categoria “sem registro” estão os pesquisadores que tiveram bolsa, mas não foram classificados em um julgamento subsequente, ou que estavam com bolsa suspensa naquele ano. As larguras das bandas que conectam as barras verticais representam

saídas (da barra vertical à esquerda da banda) e entradas (na barra vertical à direita banda) de bolsistas. Chama a atenção que, a partir de 2011, comparando todos os 48 CA e os DT, há um aumento de entradas e saídas de pesquisadores do sistema. Isto pode estar relacionado à promulgação da Lei de Acesso à Informação, a partir da qual o CNPq disponibilizou aos proponentes o acesso aos conteúdos dos pareceres dos seus processos, mas isso tem que ser estudado com mais detalhe.

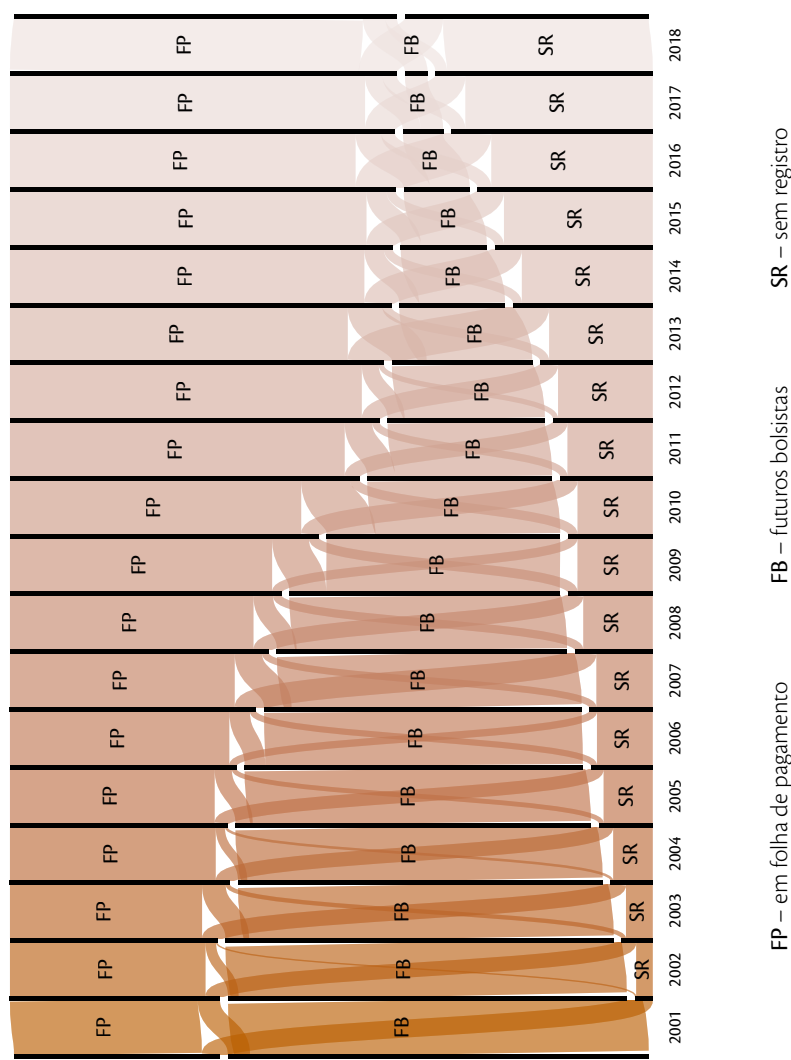


Figura 1. Diagrama de fluxo de todos os bolsistas PQ e DT do CNPq entre 2000 e 2018

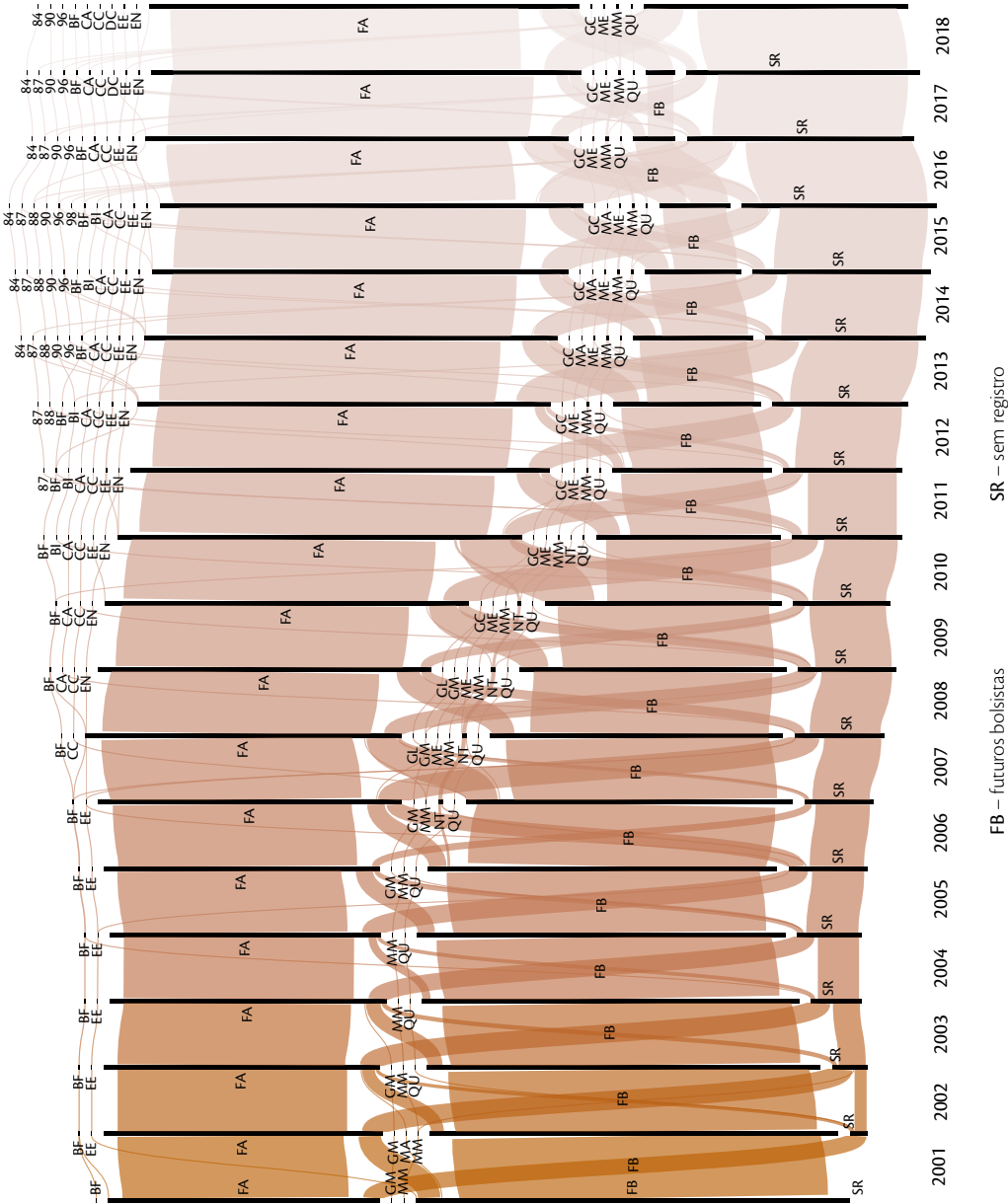


Figura 2. Diagrama de fluxo com todos os bolsistas no CA-FA entre 2000 e 2018

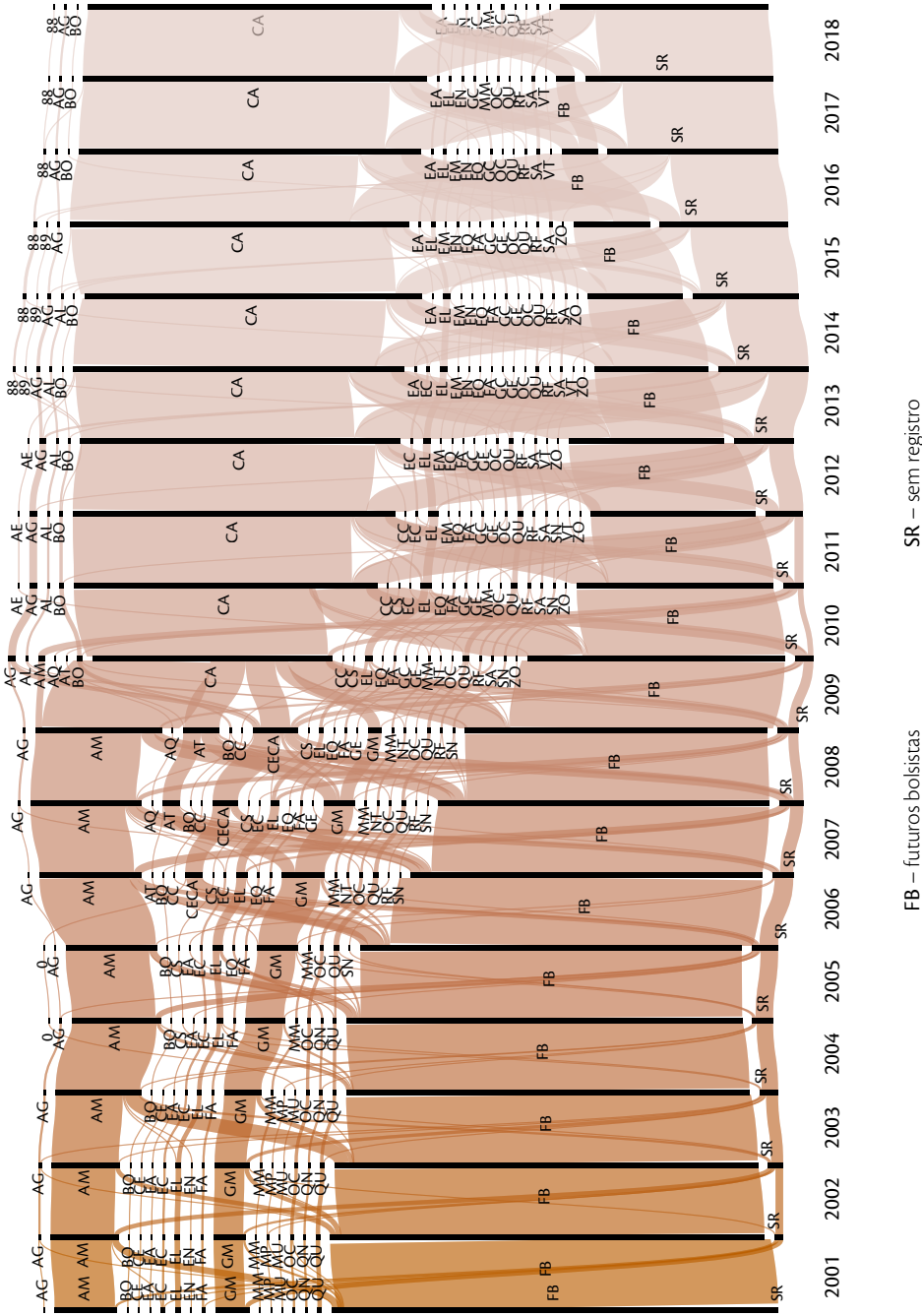


Figura 3. Diagrama de fluxo dos bolsistas do CA-CA entre 2000 e 2018

Importante ressaltar que os dados das figuras 1, 2 e 3 podem apresentar uma pequena margem de erro na contagem de bolsistas de alguns Comitês de Assessoramento. Isto ocorre pois o registro de folha de pagamento depende: da situação da bolsa (ativa e suspensa); da data de assinatura do termo de aceite da bolsa; de eventuais mudanças de níveis, como bolsa PQ-Sr; e de mudanças de Comitês de Assessoramento. Também é importante ressaltar que o ano se refere ao período de março do ano indicado a fevereiro do ano seguinte. Entretanto, essa margem de erro não afeta os resultados gerais apresentados neste artigo.

Como segundo exemplo de aplicação do método desenvolvido, a Figura 2 apresenta um CA que manteve uma relativa estabilidade de composição de subáreas e baixa migração de bolsistas, o Comitê de Assessoramento de Física e Astronomia (CA-FA). Outras subáreas de bolsistas PQ e DT estão representadas por siglas e números.

Os dados de bolsistas do Comitê de Assessoramento de Ciências Ambientais são mostrados na Figura 3. Os dados extraídos da ferramenta OLAP permitiram a análise das seguintes informações: bolsistas que migraram para outros comitês; entrada no sistema de pesquisadores que nunca foram bolsistas; bolsistas que saíram da folha de pagamento e retornaram; e bolsistas que saíram definitivamente do sistema até 2018.

Diferentemente do caso do CA-FA e como descrito na Seção 2.2.1, o CA-CA teve um histórico rico de fusões e migrações com relação a outros Comitês. Essa informação também é retratada na Figura 3, em particular, no que diz respeito às fusões, em 2009: do Comitê de assessoramento em Engenharia Ambiental (AM) com o Comitê de Assessoramento em Geologia e Meteorologia (GM); e do Comitê Temático de Atmosfera (AT, criado em 2007) com o Comitê Especial de Ciências Ambientais (CE-CA, criado em 2006). A Tabela 1, ao final deste artigo, expõe as descrições das siglas que compõem os Programas Básicos e seus respectivos CA, assim como as siglas para as bolsas DT.

A fim de comparar a rotatividade entre comitês, foram utilizados, também, *heatmaps* indicando percentualmente quais são os anos que contêm mudanças de bolsistas entre comitês. Com essa metodologia, chegou-se à conclusão de que o CA-CA não possui uma alta mobilidade entre essas saídas e entradas, se comparado a outros comitês, mesmo com toda característica multidisciplinar, no período de 2006 a 2017, quando as médias de saídas foram de 8,6% e as de entradas de 26,6% no CA-CA. Essa média de entrada de 26,6% se deve principalmente aos anos de 2006 a 2009, período em que o Comitê Temático de Ciências Ambientais (CE-CA) passou a ser um comitê de assessoramento (CA-CA), tendo migrado a maioria dos pesquisadores dos extintos CA de Ciências Atmosféricas/Meteorologia (AT) e Engenharia Ambiental (AM). Ainda que haja comitês mais conservadores, como o CA-FA, as

variações de entrada de pessoal no CA-CA, após o período de 2009, não estão muito longes desse perfil, pois a média de entrada foi de 10% e a de saída, de 7,6% no período de 2010 a 2017. No caso do CA-FA, as médias de entrada foram de 7,6 % e as de saída, de 5,1% no CA-FA. Seria de se esperar que um pesquisador com perfil pertinente a mais de um Comitê de Assessoramento tivesse uma maior propensão de mudar de comitê, em comparação com um pesquisador tipicamente disciplinar. Uma possível explicação para essa baixa mobilidade pode corresponder às poucas mudanças nas regras do CA-CA, desde a sua criação, no entanto, isso será melhor estudado em trabalho posterior.

Para examinar o perfil de publicação dos bolsistas PQ do CA-CA, foram utilizados dados da plataforma de currículos Lattes do CNPq. Para isso, foram coletados os números e as palavras-chave dos tipos de publicações mais comuns de todos os bolsistas (artigos completos, trabalhos completos em conferências e capítulos de livros). É importante ressaltar que, nesse tipo de contagem, pode haver duplicidade devido à coautorias. Como pode ser visto na Figura 4, a publicação de artigos em periódicos e conferências predomina no CA-CA no período de 2006 a 2017. Além disso, a partir de 2011, ocorre um expressivo declínio nas publicações em congressos. Esse decréscimo é condizente com as regras de pontuação dos julgamentos do CA-CA desde a sua criação, que estabelecem pesos maiores para publicações em periódicos e em capítulos de livros. Esse possível impacto das regras do CA-CA sobre a preferência por tipos de publicações pode ter um peso na mobilidade, comportamento que será melhor caracterizado em trabalho posterior.

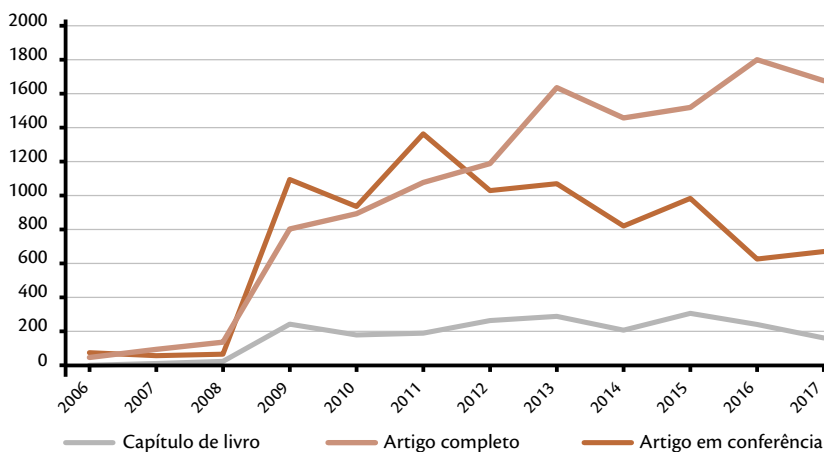


Figura 4. Perfil de publicações do CA-CA (2006 – 2017)

A análise de palavras-chave não foi satisfatória, pois o conteúdo dos trabalhos do comitê é bastante diversificado e varia muito de ano para ano, devido à sua característica multidisciplinar. No entanto, essa análise será feita em um estudo posterior.

Tabela 1. Siglas dos comitês que compõem os programas básicos; e siglas das bolsas de Desenvolvimento Tecnológico (DT)

Bolsistas de Produtividade (PQ)	
Programa básico	Comitê
Programa Básico de Ciência da Informação	AC
Programa Básico de Comunicação	
Programa Básico de Museologia	
Programa Básico de Turismo (até 2005)	
Programa Básico de Administração	AE
Programa Básico de Economia	
Programa Básico de Economia Doméstica	AG
Programa Básico de Agronomia	
Programa Básico de Ciência e Tecnologia de Alimentos	AL
Programa Básico de Aquicultura	AQ
Programa Básico de Biofísica	BF
Programa Básico de Bioquímica	
Programa Básico de Farmacologia	
Programa Básico de Fisiologia	
Programa Básico de Biotecnologia (2005 até 2008)	IB
Programa de Biotecnologia e Recursos Genéticos - Genoma (2004 até 2005)	
Programa Especial de Biotecnologia e Recursos Genéticos - COBRG	BI
Programa Básico de Botânica	BO
Programa Básico de Ciências Ambientais	CA
Programa Básico de Ciência da Computação	CC



Bolsistas de Produtividade (PQ)	
Programa básico	Comitê
Programa Básico de Antropologia	CS
Programa Básico de Arqueologia	
Programa Básico de Ciência Política	
Programa Básico de Direito	
Programa Básico de Sociologia	
Programa Temático de Divulgação Científica	DC
Programa Básico de Desenho Industrial	DI
Programa Básico de Engenharia Agrícola	EA
Programa Básico de Recursos Florestais e Engenharia Florestal (até 2005)	
Programa Básico de Engenharia Civil	EC
Programa Básico de Educação	ED
Programa Básico de Engenharia Biomédica	EE
Programa Básico de Engenharia Elétrica	
Programa Básico de Enfermagem (até 2005)	MS
Programa Básico de Enfermagem (a partir de 2006)	EF
Programa Básico de Ecologia e Limnologia	EL
Programa Básico de Engenharia Aeroespacial	EM
Programa Básico de Engenharia Mecânica	
Programa Básico de Engenharia Naval E Oceânica	
Programa Básico de Engenharia de Energia	EN
Programa Básico de Engenharia Nuclear	
Programa Básico de Engenharia Química (até 2004)	QN
Programa Básico de Engenharia Química (a partir de 2005)	EQ
Programa Básico de Astronomia	FA
Programa Básico de Física	
Programa Básico de Filosofia	FI
Programa Básico de Teologia	

Bolsistas de Produtividade (PQ)	
Programa básico	Comitê
Programa Básico de Farmácia	FR
Programa Básico de Geociências	GC
Programa Básico de Genética	GE
Programa Básico de História	HI
Programa Básico de Imunologia	IM
Programa Básico de Imunologia (até 2005)	BM
Programa Básico de Letras	LL
Programa Básico de Linguística	
Programa Básico de Matemática	MA
Programa Básico de Probabilidade e Estatística	
Programa Básico de Medicina	MD
Programa Básico de Microeletrônica	ME
Programa Básico de Morfologia (a partir de 2006)	MF
Programa Básico de Morfologia (até 2005)	BM
Programa Básico de Engenharia de Materiais E Metalurgia	MM
Programa Básico de Engenharia de Minas	
Programa Básico de Biologia Geral	MP
Programa Básico de Microbiologia	
Programa Básico de Parasitologia	
Programa Básico de Nutrição (até 2004)	
Programa Básico de Saúde Coletiva (até 2004)	BM
Programa Básico de Biologia Geral (até 2005)	
Programa Básico de Microbiologia (até 2005)	
Programa Básico de Parasitologia (até 2005)	MS
Programa Básico de Educação Física	
Programa Básico de Fisioterapia e Terapia Ocupacional	
Programa Básico de Fonoaudiologia	

Bolsistas de Produtividade (PQ)	
Programa básico	Comitê
Programa Básico de Oceanografia	OC
Programa Básico de Odontologia (até 2005)	MS
Programa Básico de Odontologia (a partir de 2006)	OD
Programa Básico de Engenharia de Produção	PE
Programa Básico de Engenharia de Transportes	
Programa Básico de Psicologia (até 2005)	PH
Programa Básico de Serviço Social (até 2005)	
Programa Básico de Psicologia (a partir de 2006)	PS
Programa Básico de Química	QU
Programa Básico de Recursos Florestais e Engenharia Florestal (a partir de 2006)	RF
Programa Básico de Arquitetura e Urbanismo	SA
Programa Básico de Demografia	
Programa Básico de Geografia Humana e Regional	
Programa Básico de Geografia Física	
Programa Básico de Planejamento Urbano e Regional	
Programa Básico de Turismo (a partir de 2006)	
Programa Básico de Nutrição (a partir de 2005)	SN
Programa Básico de Saúde Coletiva (a partir de 2005)	
Programa Básico de Medicina Veterinária	VT
Programa Básico de Zoologia e Recursos Pesqueiros de Águas Interiores	ZO
Programa Básico de Zootecnia	ZT
Programa Básico Multidisciplinar (de 2001 até 2004)	MU
Programa Especial da DCT	CT
Instituto de Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Xingó - Programa Xingó	XG
Programa de Biotecnologia e Recursos Genéticos - Genoma	63

Bolsistas de Desenvolvimento Tecnológico (DT)	
Programa	Código
Programa de Tecnologias Médicas e da Saúde	82
Programa do Complexo da Defesa	83
Programa das Áreas Tecnológicas da Física e Matemática	84
Programa de Biodiversidade e Recursos Naturais	85
Programa de Energia	86
Programa de Nanotecnologia e Novos Materiais	87
Programa de Tecnologias Ambientais	88
Programa das Mudanças Climáticas	89
Programa de Biotecnologia	90
Programa das Tecnologias Naval e Marítima	91
Programa de Tecnologia da Informação e Comunicação	92
Programa das Tecnologias Educacionais e Sociais	93
Programa de Tecnologia e Inovação para Agropecuária	94
Programa das Tecnologias nas áreas Aeronáutica e Aeroespacial	95
Programa de Desenvolvimento Tecnológico e Industrial	96
Programa das Tecnologias para o Desenvolvimento Sustentável	97
Programa das Áreas Tecnológicas de Química e Geociências	98

5. Considerações finais

No presente trabalho, foi apresentada uma metodologia que pode ser adaptada e empregada para qualquer estudo sobre a evolução de bolsas de PQ e DT de quaisquer Comitês de Assessoramento do CNPq. Para o caso específico do Comitê de Assessoramento de Ciências Ambientais, o estudo da evolução das concessões de bolsas PQ no comitê mostrou que se trata de um Comitê com características multidisciplinares claras, no que diz respeito aos conteúdos de suas publicações, bem como à diversidade de subáreas que o compõem. De toda forma, a partir do histórico de bolsistas PQ e DT do CNPq, foi verificado que o perfil dos pesquisadores mudou ao longo do tempo. Constatou-se, também, que existe um possível impacto direto das regras empregadas pelo Comitê e das preferências por tipos de publicação por parte de seus bolsistas. Esses resultados são ainda preliminares e as questões abertas serão abordadas em comparação aos outros comitês.

A partir desses resultados, outros questionamentos são levantados e, em função disso, a metodologia pode ser melhorada. Todavia, ela pode ser trabalhada em qualquer programa do CNPq da forma na qual se encontra.

Os autores agradecem a Emerson da Motta Willer, pelas extrações de dados nas fases iniciais deste trabalho, e a Everton Amâncio dos Santos, pelas informações fundamentais à validação dos dados e as inestimáveis discussões sobre a história do CA-CA.

ARAÚJO, E.M.T.; BATISTA, M.D.L.D.S.; MAGALHÃES, T.M.D. Um estudo sobre as ferramentas OLAP. **DEVMEDIA**, 2007. Disponível em: <https://www.devmedia.com.br/um-estudo-sobre-as-ferramentas-olap/6691>. Acesso em: 08 maio 2018.

BRASIL. Câmara dos Deputados. **Lei n.º 1.310, de 15 de janeiro de 1951**. Brasília: 1951. Disponível em: <http://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1950-1959/lei-1310-15-janeiro-1951-361842-normaatualizada-pl.html>. Acesso em: 23 maio 2018.

_____. Presidência da República. Lei n.º 12.527, de 18 de novembro de 2011. Lei de Acesso à Informação. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2011/lei/l12527.htm. Acesso em: 08 junho 2018.

_____. Secretaria de Planejamento. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPQ. **Origens e Perspectivas**. 3ª edição. ed. Brasília: Editora Uberaba Ltda, v. 01, 1981.

CAGNIN, M.A.H.; SILVA, D.H.D. A ação de fomento na história do CNPq. Brasília: Assessoria Editorial CNPq, 1987.

CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO - CNPQ. **Bolsa de Produtividade em Desenvolvimento Tecnológico e Extensão Inovadora**. 2005. Disponível em: http://www.cnpq.br/web/guest/view/-/journal_content/56_INSTANCE_00ED/10157/64704. Acesso em: 23 maio 2018.

_____. **Bolsas individuais no país**. 2015. Disponível em: http://cnpq.br/view/-/journal_content/56_INSTANCE_00ED/10157/2958271?COMPANY_ID=10132#PQ. Acesso em: 08 maio 2018.

_____. **CNPq**. Apresentação institucional. Disponível em: http://cnpq.br/apresentacao_institucional/. Acesso em: 23 maio 2018.

_____. **RN 02/2005 - Comitês de assessoramento, dos comitês temáticos, do núcleo de assessores em tecnologia e inovação e da consultoria ad hoc**. Disponível em: http://portal-intranet.cnpq.br/web/instrumentos-legais/normas?p_p_id=novaintranetportlet_WAR_novaintranetnormasportlet_INSTANCE_K10sXmgpolm&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-3&p_p_col_count=1&norma=view&idNorma=24371. Acesso em: 25 junho de 2018.

CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO, CONSELHO DELIBERATIVO - CD/CNPq. **Ata da 125ª Reunião do Conselho Deliberativo (CD) do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)**, 25 de junho de 2003. Disponível em: <http://portal-intranet.cnpq.br/web/orgaos-colegiados/reunioes-de-2003>. Acesso em: 25 junho 2018.

_____. **Ata da Reunião Extraordinária do Conselho Deliberativo (CD) do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)**, em 12 de fevereiro de 2004. Disponível em: <http://portal-intranet.cnpq.br/web/orgaos-colegiados/reunioes-de-2004>. Acesso em: 25 junho 2018.

_____. **Ata da 143ª Reunião do Conselho Deliberativo (CD) do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)**, em 9 e 10 de abril de 2008a. Disponível em: <http://portal-intranet.cnpq.br/web/orgaos-colegiados/reunioes-de-2008>. Acesso em: 25 junho 2018.

_____. **Ata da 146ª Reunião do Conselho Deliberativo (CD) do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)**, em 27 de novembro de 2008b. Disponível em: <http://portal-intranet.cnpq.br/web/orgaos-colegiados/reunioes-de-2008>. Acesso em: 25 junho 2018.

GARCIA, A.D. **Avaliação por pares e processo decisório nas agências de fomento à pesquisa**. O CNPq e a FAPESP. Campinas: UNICAMP. 2001. p. 214.

ROSVALL, M. BERGSTROM, C. **Mapping change in large networks**. Plos One. 2010.

SANTOS, N.C.F.; CAMPOS, L.F.D.O. **Produtividade em pesquisa do cnpq: análise do perfil dos pesquisadores da química**. *Química Nova*, São Paulo, p. 489-495, 02 fev. 2010.

Histórico de impactos ambientais e o estado da arte em Oceanografia no sistema estuarino-lagunar de Suape-Ipojuca (PE)

Roberto Lima Barcellos¹, Luciana Dantas dos Santos²

Resumo

O artigo visa a apresentar uma compilação de estudos ambientais sobre o sistema estuarino-lagunar de Suape, localizado a cerca de 40 quilômetros (km) ao sul do Recife, Pernambuco. Neste estuário, está localizado o Complexo Industrial Portuário de Suape (8°20'-35°00'W), principal polo modal do Estado de Pernambuco, que, desde a sua implantação, em 1978, vem sofrendo constantes impactos devido às interferências decorrentes da ocupação e de atividades humanas, que modificaram as características ecológicas e ambientais originais da área, como descrito em um breve histórico. Por fim, o artigo apresenta um estudo atual sobre a área, o projeto Suape-Geosub, cujo enfoque está na evolução sedimentar e ambiental recente, principalmente a associada ao histórico de impactos das atividades antrópicas no sistema costeiro em questão.

Abstract

The aim of this article is to present a collection of environmental studies about the Suape lagoonal estuarine system, located 40 km south of the city of Recife, Pernambuco State. In this estuarine area, the Suape Industrial Portuary Complex (8°20'-35°00'W), which is the main modal pole of Pernambuco State, is located. Since it was built in 1978, the estuary is subjected to constant environmental impacts due to the anthropic activities, that have been changing the original ecological character of the estuarine area, as described in a brief history. Lastly, a recent research, which is named Suape-Geosub project, in the area is presented, whose aim is the sedimentary and environmental local evolution, mainly related to human environmental impacts to this coastal system.

¹ Professor associado da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). PhD e mestre em Oceanografia Química e Geológica; e bacharel em Geografia pela Universidade de São Paulo (USP).

² Mestre em Geologia Sedimentar e Ambiental pela UFPE e licenciada em Geografia pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN).

Palavras-chave: Estuário. Porto. Sedimentos. Impactos ambientais.

Keywords: *Estuary. Port. Sediments. Environmental Impacts.*

1. Introdução

A Zona Costeira do Estado de Pernambuco foi, desde os primórdios da colonização, uma das regiões mais amplamente exploradas e ocupadas de todo litoral brasileiro. Devido à sua localização estratégica no extremo Leste das Américas e às condições geográficas privilegiadas, com a presença marcante de diversos sistemas estuarinos e baías costeiras associadas, exibiu, historicamente, uma vocação para abrigar portos naturais, assumindo, no século 16 e início do 17, a posição de mais destacada importância no desenvolvimento econômico do Brasil-colônia.

Com a mudança do eixo econômico para a Região Sudeste nos séculos subsequentes, a economia local entrou em um longo processo de estagnação. Assim, como forma de reerguer e desenvolver o crescimento econômico do Estado, entre 1973 e 1976, o governo pernambucano elaborou um Plano Diretor para a implantação do Complexo Industrial Portuário Governador Eraldo Gueiros, mais conhecido como Porto de Suape, na Baía de mesmo nome, a cerca de 40 km ao sul do Recife, com funções comerciais e industriais. O empreendimento foi criado com a concepção moderna de logística que integra porto e indústria, deslocado dos núcleos de centros urbanos.

Sua implantação, entre os anos de 1978 e 1984 e com crescimento até o presente momento, vem servindo como principal fator de desenvolvimento da economia regional, sendo referência nacional, um grande polarizador de investimentos para o Estado de Pernambuco e a Região Nordeste, além de contribuir sobremaneira para que esta unidade da Federação venha mantendo um crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) acima da média nacional, mesmo após a crise econômica iniciada em 2014. Por outro lado, desde a sua construção, ocorreram modificações significativas nas características ecológicas e ambientais da área, devido às intensas interferências advindas dessa ocupação recente e às atividades humanas no meio ambiente costeiro local (KOENING *et al.*, 2002).

Dessa forma, a região estuarina-lagunar do Complexo Industrial e Portuário de Suape está sujeita a uma série de alterações físicas e estruturais que exemplificam algumas formas de desequilíbrio causadas pela industrialização e ocupação e pelo crescimento desordenado da população e uso do solo em zonas costeiras. De acordo com Fernandes (2000) e Barros (2009), os principais processos impactantes em Suape estão relacionados a: sedimentação por dragagem; assoreamento/erosão; dinamitação do Recife; aterros sobre a linha recifal, o manguezal e a planície

costeira; destruição dos manguezais adjacentes; tráfego de embarcações de grande porte; e as descargas de efluentes industriais e domésticos, principais fontes de contaminação das águas e de sedimentos com metais pesados e poluentes orgânicos.

Pessoa *et al.* (2009) afirmam que, dos processos citados, o mais grave no momento atual é a atividade de dragagem da Baía de Suape e da plataforma interna adjacente que, além de alterar a geomorfologia, a sedimentação e a hidrodinâmica, proporciona uma disposição excessiva de material em suspensão, afetando a biota da coluna d'água e de fundo locais. Tais atividades levam ao desequilíbrio no balanço sedimentar, causando alterações, muitas vezes, irreversíveis em diversos ambientes costeiros do globo (NICHOLS; BIGGS, 1985).

Este artigo tem como objetivos: descrever um breve histórico de impactos ambientais na região costeira de Suape (PE) ($8^{\circ}20'/8^{\circ}25'S-34^{\circ}55'/35^{\circ}00'W$) (Figura 1); compilar trabalhos de pesquisa acadêmica efetuados na área com temática em ciências do mar e oceanografia geológica; bem como apresentar o estudo multidisciplinar que vem sendo executado na região, o projeto "Suape-Geosub".

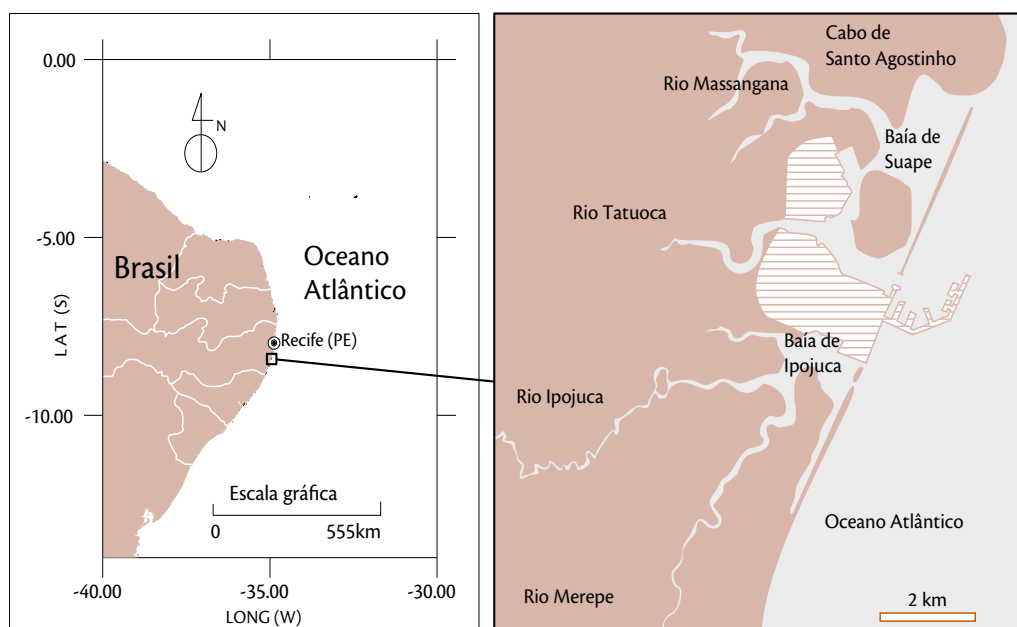


Figura 1. Localização do sistema costeiro de Suape (PE)

Fonte: Elaborado pelos autores com base em imagem do Google Earth.

2. Histórico de alterações ambientais na região costeira de Suape e pesquisas atuais

A cronologia histórica da evolução do Complexo Industrial Portuário de Suape está relatada de forma detalhada no site do porto, onde são descritas as principais modificações costeiras, assim como a incorporação do parque industrial atual. O referido site pode ser acessado no endereço: <http://www.suape.pe.gov.br/pt/institucional/historico-de-suape>.



Foto 1. Vista aérea da desembocadura artificial dos rios Ipojuca e Merepe na Baía do Ipojuca

Foto 2. Complexo Industrial Portuário de Suape e, à direita, o baixo estuário do rio Tatuoca (canal de acesso do porto)

Foto 3. Laguna/Baía de Suape e estuário do rio Massangana

Foto 4. Linhas de arrecifes na laguna

Foto 5. Baía de Suape e de Ipojuca com o porto ao fundo

Fotografias aéreas: Roberto Barcellos, em 15/06/2011.

Do ponto de vista da dinâmica sedimentar costeira, grande parte da área original da Baía de Suape e do sistema estuarino-lagunar dos rios Massangana, Tatuoca, Ipojuca e Merepe (Fotos 1 a 5) foi profundamente modificada em função da construção e do incremento da capacidade do complexo portuário, no decorrer desses 40 anos, desde sua implementação em 1978. O sistema costeiro que originalmente era contínuo e com uma conexão livre com o oceano, junto ao Cabo de Santo Agostinho, foi aterrado parcialmente e passou a ser seccionado em 3 porções distintas: (1) Baía de Suape/Estuário do Rio Massangana; (2) Estuário do Rio Tatuoca; e (3) Estuário dos rios Ipojuca/Merepe. Desta forma, a morfologia atual apresenta duas desembocaduras artificiais, frutos de aberturas na linha recifal externa realizadas por meio de dinamitação dos arenitos de praia que protegiam naturalmente o sistema estuarino original à retaguarda (Figura 2).

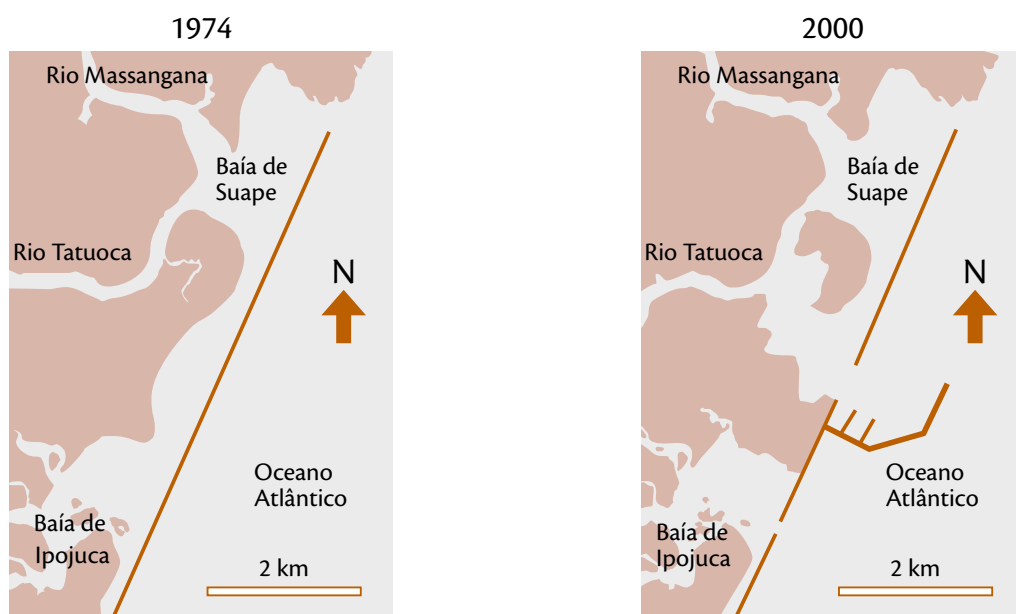


Figura 2. Configuração do sistema estuarino-lagunar de Suape antes (1974) e após a instalação do Complexo Industrial Portuário de Suape (modificado de Pires advogados e Consultores, 2000; *apud* Barros, 2009)

Fonte: Elaborada pelos autores.

O sistema costeiro como um todo é relativamente raso, com áreas mais profundas presentes no canal de acesso e na bacia de evolução do porto (>15m prof.) (BARROS, 2009). A região lagunar pode ser caracterizada como uma lagoa costeira aberta (KJERFVE, 1986), onde é esperado um

nível de troca elevado entre a laguna e o oceano. A barreira que isola o sistema é formada por uma linha de arrecifes rasos que, durante as preamares, permite a passagem de água e ondas de gravidade. A circulação do corpo lagunar deve ser dirigida principalmente pelas marés e pelo vento, embora as contribuições de água doce dos rios Massangana e Tatuoca possam vir a produzir gradientes salinos, em especial, durante o período chuvoso (MIRANDA *et al.*, 2002). A circulação na plataforma é preferencialmente para o norte (DOMINGUEZ *et al.*, 2017), mas existem indicativos morfológicos e sedimentares como a intensa deposição de lamas no banco junto à Praia de Suape e ao Cabo de Santo Agostinho. Esta feição sugere uma importação de sedimentos em trânsito na plataforma, possivelmente devido à circulação residual para o interior da laguna via desembocadura norte. A continuidade deste processo, a médio e longo prazo, acarretaria no assoreamento e preenchimento do estuário, além daquele produzido pelo próprio aporte fluvial local.

De acordo com Neumann (1991), Neumann *et al.* (1998) e Koenig *et al.* (2002), um exemplo de quão drásticas foram as alterações na dinâmica costeira encontra-se na desembocadura dos rios Merepe e Ipojuca, a segunda maior bacia costeira do Estado com 3.433km² (BARROS, 2008). Esta área foi assoreada pela construção dos molhes para atracação, apresentando - teoricamente, no presente, devido ao maior confinamento - sedimentos com potencial para a contaminação por poluentes orgânicos e metais pesados, que funcionariam como retentores ou filtros dos fluxos a montante do estuário, no transporte para o oceano. Observa-se que o Rio Ipojuca é um dos mais poluídos do Brasil (BARROS, 2009).

Neste sentido, os planos de ampliação do Complexo Industrial Portuário de Suape, que geram demanda pela continuidade das diversas atividades anteriormente enumeradas, indicam a necessidade de estudos sobre a dinâmica sedimentar recente em todo o sistema costeiro de Suape. Tais análises poderiam contribuir para equacionar o potencial da área em suportar as alterações antrópicas advindas das questões ambientais existentes, além de gerar subsídios científicos para a interpretação de seu comportamento em uma perspectiva futura relacionada às mudanças climáticas globais.

Em 2015, foi aprovado, pela Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (Facepe), o projeto de apoio à pesquisa: *Sedimentação holocênica na região de influência do Complexo Industrial Portuário de Suape (PE) (Suape-Geosub)*, cujo objetivo principal está no estabelecimento e na evolução dos conhecimentos sobre a dinâmica sedimentar sazonal e recente do sistema costeiro tropical de Suape, com vistas ao diagnóstico atual do estágio de degradação ambiental local, para a geração de subsídios científicos direcionados ao melhor gerenciamento do mencionado sistema.

Em termos acadêmicos, pesquisas como a do referido projeto em execução, que utilizam, simultaneamente, diversos parâmetros (*multi-proxies*) para a caracterização dos processos sedimentares na coluna d'água, de sedimentos de superfície de fundo e coluna estratigráfica rasa, revestem-se de importância especial, principalmente em ambientes nos quais a influência antrópica tem grande magnitude, quando comparada a dos processos naturais. O estudo que vem sendo realizado servirá de base de comparação para pesquisas do mesmo gênero, em áreas que sofram impactos similares relacionados à ação antrópica, dentro do contexto das mudanças globais.

O impacto esperado mais significativo em relação à proposta do projeto Suape-Geosub vem sendo o de reunir competências técnico-científicas distintas para a problemática dos efeitos históricos de intervenção humana, no contexto das mudanças globais, em um sistema estuarino sob um forte estresse ambiental e muito carente, ainda, em estudos com enfoque em dinâmica sedimentar.

E a reconstituição da evolução holocênica, em uma escala temporal decadal, é de fundamental importância para o entendimento a respeito da dinâmica sedimentar e das variações ambientais antropogênicas recentes. Assim, pode servir como parâmetro para a comparação com o processo sedimentar atual e a sua compreensão, subsidiando informações de perspectivas futuras de sua evolução sedimentológica, para o suporte ao gerenciamento costeiro da área.

3. Síntese do estado da arte em Oceanografia em Suape

Foi efetuada uma compilação de artigos acadêmicos publicados até 2018, de modo que fosse possível avaliar o conhecimento científico em Ciências do Mar, com ênfase na Oceanografia Geológica existente até o presente sobre o sistema estuarino-lagunar de Suape (PE).

Observa-se que, em geral, são ainda escassas as informações sobre a dinâmica sedimentar atual e recente na região, apesar da existência de estudos de cunho geológico: Melo, 1958; Cobra, 1967; Maciel, 1968; Mello; Siqueira, 1972; Santos; Costa, 1974; Costa; Costa, 1977; Amaral; Menor, 1979; Neumann, 1991; Neumann *et al.*, 1998; Marques *et al.* (2011); Silveira *et al.*, 2013; Araújo *et al.*, 2014; Barros *et al.*, 2015; e Yogui *et al.*, 2018.

E ecológico-ambiental: Melo Filho, 1977; Lima, 1978; Lima & Costa, 1978; Cavalcanti *et al.*, 1980; CONDEPE, 1983; Ramos-Porto & Lima (1983); Eskinazi-Leça & Koenig (1985/1986); Paranaguá (1985/1986); Neumann-Leitão (1986); Braga *et al.*, 1989; Vasconcelos Filho *et al.* (1990); Neumann-Leitão *et al.* (1992a,b); Neumann-Leitão (1994); Koenig *et al.* (2002); Silva *et al.* (2004), Muniz

et al. (2005); Barros (2008), Barros (2009) e Pessoa *et al.* (2009). Batista e Flores-Montes (2013); Nascimento-Filho *et al.* (2013); Souza-Santos & Araújo (2013); Costa *et al.* (2014); Alves *et al.*, (2016); Bezerra *et al.* (2016); Cordeiro *et al.* (2018) e Zanardi-Lamardo *et al.* (2018).

4. Considerações finais

Diante do exposto, com base no refinamento de conhecimentos sobre os processos dinâmicos atuais, denota-se a necessidade de integração dos dados sobre a dinâmica sedimentar, como forma de ordenar, em uma perspectiva integrada, o processo sedimentar na área do Complexo Industrial Portuário, o histórico da atividade antrópica e suas relações com as mudanças climáticas globais.

A partir do histórico de ocupação e da compilação de dados de estudos acadêmicos de cunho ambiental na área, surgem questões vitais:

1. Como o sistema costeiro de Suape evoluiu nas últimas décadas e quais serão suas tendências de evolução em relação aos processos sedimentares atuais e suas implicações de ordem ambiental associadas?
2. Com a continuidade de ampliação do Complexo Industrial e Portuário haverá, de fato, alguma mudança no comportamento da sedimentação e da qualidade dos sedimentos, quando comparado ao histórico recente de atividade antrópica?
3. Qual a taxa de preenchimento sedimentar do sistema antes do início das atividades de expansão portuária-industrial e quais seriam as estimativas para o presente e o futuro, tendo em vista o cenário de mudanças globais?

Sob os efeitos antropogênicos, estão inseridas as complexas dinâmicas políticas, econômicas e sociais. Ou seja, tentar prognosticar a evolução de um sistema estuarino urbanizado, considerando todas as variáveis, ambientais e antrópicas, é um desafio de grandes proporções, porém, imprescindível para o planejamento e gerenciamento costeiro adequado. E o reconhecimento e entendimento dos processos sedimentares que caracterizam a sequência dos depósitos do sistema estuarino-lagunar de Suape são subsídios básicos ao entendimento da evolução holocênica na área de influência do Complexo Industrial Portuário. Do mesmo modo, essa compreensão é reforçada pela caracterização do histórico da ação antrópica, por meio dos indicadores ambientais utilizados, visando a estabelecer um prognóstico da dinâmica deposicional do sistema estuarino-lagunar de Suape.

Por fim, este artigo procurou elencar os estudos acadêmicos de cunho oceanográfico na área, além do histórico de intervenções antrópicas, como uma contribuição inicial para se chegar a uma resposta às três questões supracitadas. E os futuros artigos a serem produzidos dentro do âmbito do projeto *Suape-Geosub* irão focar nos processos dinâmicos que controlam a evolução morfossedimentar e o preenchimento da bacia estuarina do sistema costeiro local, além de suas implicações sócio-ambientais no Antropoceno.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (Facepe) pelo suporte financeiro ao projeto de apoio à pesquisa (APQ-0260-1.08/15): "Sedimentação holocênica na região de influência do Complexo Industrial Portuário de Suape (PE) (*Suape-Geosub*).

Referências

- ALVES, S.G.; SANTOS, M.O.S.; GURGEL, I.G.D.; SANTOS, S.L. Vulnerabilização socioambiental de comunidades tradicionais no Complexo Industrial Portuário de Suape. **Desenvolv. Meio Ambiente**, v. 38, p. 403-418. 2016.
- AMARAL, A.J.R.; MENOR, E.A.A. Sequência Vulcano-sedimentar cretácea da região de Suape-PE: interpretação faciológica e considerações metalogênicas. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE. SBC, Recife, 1979. **Anais...** Recife, 1979. p. 251-259.
- ARAÚJO, T.C.M.; MALLMANN, D.L.B.; NUNES, K.C.; BARCELLOS, R.L. **Guia geomorfológico ilustrado do litoral de Pernambuco**. Curitiba: Ed. Petróleo, 184 p.
- BARROS, A.M.L. **Modelagem da poluição pontual e difusa: aplicação do modelo Moneris à Bacia Hidrográfica do rio Ipojuca, Pernambuco**. 2008. 218 f. Dissertação (Mestrado) – Centro de Tecnologia e Geociência, Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, Recife.
- BARROS, L.C. **Estudos sedimentológicos, batimétricos e geoquímicos na região interna do Porto de Suape**. 2009. 186 f. Tese (Doutorado). – Centro de Tecnologia e Geociência, Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, Recife.

BARROS, L.C.; VALENÇA, L.M.M.; SOUZA-NETO, J.A. Composição mineralógica da fração argilosa nos sedimentos superficiais de fundo da região estuarina do complexo industrial e portuário de Suape (PE). **Estudos Geológicos**, v. 25, n. 1, p. 165-174. 2015.

BATISTA, T.N.F.; FLORES-MONTES, M.J. Estado trófico dos estuários dos rios Ipojuca e Merepe – PE. **Tropical Oceanography**, v. 42, n. especial, p. 22-30. 2013.

BEZERRA, A.P.X.G.; SANTOS, I.G.S.; SILVA, M.C.; GABRIEL, F.A.; HOLANDA, R.M.; MORAES, A.S. Comparative analysis of the environmental impacts of port activities in Pernambuco ports. **Revista Geama**, v.2, n.4, p. 417-426. 2016.

BRAGA, R.A.P.; UCHOA, T.M.M.; DUARTE, M.T.M.B. Impactos sobre o manguezal de Suape – PE **Acta bot. Bras**, v. 3, p. 2, p. 9-27. 1989.

CAVALCANTI, L.B.; COELHO, P.A.; ESKINAZI-LESSA, E.; LUNA, J.A.C.; MACÊDO, S.J.; PARANAGUÁ, M.N. Condiciones ecológicas em el área de Suape (Pernambuco-Brasil) In: SEMINÁRIO SOBRE EL ESTUDIO CIENTIFICO Y IMPACTO HUMANO EM EL ECOSISTEMA DE MANGLARES, Cali, 1978. **Memorias del...**, Montevideo, UNESCO, Oficina Regional de Ciência y Tecnología para America Latina y el Caribe, p. 243-256. 1980.

COBRA, R.Q. Geologia da região do Cabo de Santo Agostinho, Pernambuco. **Boletim Divisão de Fomento da Produção Mineral**, n.142, p.1-42. 1967.

CONDEPE - Instituto de desenvolvimento de Pernambuco. **Caracterização do complexo estuarino-lagunar da área de Suape (Pernambuco-Brasil)**: síntese ecológica, Recife, v.1. 1983.

CORDEIRO, I.A.; FEITOSA, F.A.N.; FLORES-MONTES, M.J.; OTSUKA, A.Y.; SILVA, A.C. Environmental conditions of the Suape estuarine-port complex area (Pernambuco, Brazil): phytoplankton biomass and hydrological parameters. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, p. 1- 11. 2018.

COSTA, D.L.; SANTOS, A.M.; DA SILVA, A.F.; PADILHA, R.M.; NOGUEIRA, V.O.; WANDERLEI, E.B.; BÉLANGER, D.; GOMES, P.B., AND PÉREZ, C.D. Biological impacts of the port complex of Suape on benthic reef communities (Pernambuco–Brazil). **Journal of Coastal Research**, v. 30, n. 2, p. 362-370. 2014.

COSTA, W.D.; COSTA, W.D. **Estudos geológicos e Tectônicos da área portuária**. Relatório Final. Recife. 1977.

DOMINGUEZ, E.; SCHETTINI, C.A.F.; TRUCCOLO, E.C.; OLIVEIRA-FILHO, J.C. Hydrography and currents on the Pernambuco continental shelf. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 22, p. 1.

ESKINAZI-LEÇA, E.; KOENING, M.L. Distribuição das diatomáceas (Bacillariophyceae) da área de Suape (Pernambuco-Brasil). **Trabalhos Oceanográficos da UFPE**, n. 19, p. 73-100. 1985/86.

FERNANDES, L.M.B. **Avaliação dos ambientes recifais do litoral de Pernambuco, através das suas macro e mega faunas incrustantes e sedentárias**. 2000.165 f. Tese (Doutorado) – IO -USP.

GOVERNO DO ESTADO DE PERNAMBUCO. **Complexo Industrial Portuário de Suape**. Disponível em: <http://www.suape.pe.gov.br>. Acesso em: 05 set. 2014.

GOVERNO DO ESTADO DE PERNAMBUCO. **Histórico do Complexo Industrial Portuário de Suape**. Disponível em: <http://www.suape.pe.gov.br/pt/institucional/historico-de-suape>. Acesso em: 29 mai. 2018.

KJERVFE, B. Comparative oceanography of coastal lagoons. In: WOLFE, D.A. (ed.) **Estuarine Variability**. New York: Academic Press, 1986. p. 63-81.

KOENING, M.L.; ESKINAZI-LEÇA, E.; NEUMANN-LEITÃO, S.; MACÊDO, S.J. Impactos da construção do porto de Suape sobre a comunidade fitoplanctônica no estuário do rio Ipojuca (PE-Brasil). **Acta Bot Bras**, v.16, n. 4, p. 407-420. 2002.

LIMA, D.A. **O projeto Suape e sua vegetação**. Recife: CONDEPE, 18 p. 1978. (Comunicação técnica, 2)

LIMA, D.A.; COSTA, J.T.M. **Flora e vegetação terrestres da área Programa Suape**. Recife: Inst. Desenv. Pernambuco, 1978. p. 1-24. (Comunicação Técnica, 5).

MACIEL, E.A. **Contribuição à geologia geral de Ipojuca (PE): Relatório final de Geologia de campo**. Recife: UFPE, 57 p. 1968.

MARQUES, J.S.J.; RANGEL, T.P.; BRITO, F.P.; ALMEIDA, M.G.; SALOMÃO, M.S.M.B.; GOBO, A.A.R.; SOUZA-SANTOS, L.P.; ARAÚJO-CASTRO, C.M.V.; COSTA, M.F.; REZENDE, C.E. Geoquímica de metais em sedimentos da zona estuarina do Complexo Industrial Porto de Suape, PE – Brasil. **Revista da Gestão Costeira Integrada**, v. 11, n. 4, p. 379-387. 2011.

MELO, M.L. **Paisagens do Nordeste de Pernambuco e Paraíba**. Rio de Janeiro: Ed Nacional, 1958. 325 p.

MELO FILHO, J.A.S. **Caracterização da situação atual da área Programa Suape sob o ponto de vista poluição ambiental**. Recife: Inst. Desenv. Pernambuco, 1977. p. 1-15. (Comunicação Técnica, 1).

MELLO, A.A.; SIQUEIRA, L.P. **Levantamento geológico da faixa costeira sul de Pernambuco**. Convênio CNEN/UFPE. Relatório Final, Recife: UFPE, 1972. 28p. 1 mapa anexo.

MIRANDA, L.B.; CASTRO, B.M.; KJERFVE, B. **Princípios de oceanografia física de estuários**. São Paulo: Ed. Universidade de São Paulo, 2002. 424 p. (Coleção Acadêmica).

MUNIZ, K.; NETO, B.D.; DE MACEDO, S.J.; FILHO, W.C.P. Hydrological impact of the port complex of Suape on the Ipojuca River (Pernambuco-Brazil). **Journal of Coastal Research**, v. 21, n. 5, p. 909–914. 2005. West Palm Beach (Florida), ISSN 0749-0208.

NASCIMENTO-FILHO, G.A.; MONTES, M. de J.F.; GASPAR, F.L.; PAULO, J.G.; FEITOSA, F.A. Eutrophication and water quality in a tropical estuary. Proceedings 12th International Coastal Symposium (Plymouth, England), **Journal of Coastal Research**, Special Issue, n. 65, p. 7-12

NEUMANN, V.H. **Geomorfologia e sedimentologia quaternária da área de Suape, Pernambuco (Brasil)**, 1991. 95 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Departamento de Geologia, CTG, UFPE, Recife.

NEUMANN, V.H.; MEDEIROS, C.L.; PARENTE, L.; NEUMANN-LEITÃO, S.; KOENING, M.L. Hydrodynamism, sedimentology, geomorphology and plankton at Suape Area (Pernambuco-Brazil) after a port complex implantation. **An. Ac. Bras. Cien.**, v. 70, n. 2, p. 313-323. 1998.

NEUMANN-LEITÃO, S. **Sistemática e ecologia dos rotíferos (Rotatoria) planctônicos da área estuarina lagunar de Suape Pernambuco (Brasil)**. 1986. 261 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, Recife.

NEUMANN-LEITÃO, S.; PARANAGUÁ, M.N.; VALENTIN, J.L. Ecology of planktonic rotifer of the estuarine lagunar complex at Suape, Pernambuco (Brazil). **Hydrobiol.**, n. 232, p. 133-143. 1992a.

NEUMANN-LEITÃO, S.; GUSMÃO, L.M.O.; NASCIMENTO-VIEIRA, D.A. Zooplâncton dos estuários dos Rios Massangana e Tatuoca, Suape (PE-Brasil). **Arq. Biol. Tecnol.**, v. 35, n. 2, p. 341-360. 1992b.

NEUMANN-LEITÃO, S. **Impactos antrópicos na comunidade zooplânctônica estuarine. Porto de Suape-Brasil**. 1994. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo - USP, São Carlos.

NICHOLS, M.M.; BIGGS, R.B. Estuaries. In: DAVIES Jr., R.A. (Ed.) **Coastal sedimentary environments**. 2.ed. Springer-Verlag, New York, p. 77-186. 1985.

PARANAGUÁ, M.N. Zooplankton of the Suape área (Pernambuco Brazil). **Trabalhos Oceanográficos da UFPE**, n. 19, p. 113-124. 1985/86.

PESSOA, V.T.; NEUMANN-LEITÃO, S.; GUSMÃO, L.M.O.; SILVA, A.P.; PORTO-NETO, F.F. 2009. Comunidade zooplanctônica na Baía de Suape e nos estuários dos rios Tatuoca e Massangana, Pernambuco, (Brasil). **Revista Bras. Eng. Pesca**, v. 4, n. 1, p. 80-94, 2009.

RAMOS-PORTO, M.; LIMA, J.T. Estudos dos crustáceos decápodos da baía de Suape, Pernambuco. **An. Soc. Nord. Zool.**, v. 1, n. 1, p. 54. 1983.

SANTOS, M.A.; COSTA, W.D. Complexo industrial de Suape: estudo hidrogeológico preliminar. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE. Sociedade Brasileira de Geologia do Nordeste, Recife. 1974. **Anais...** Recife, 1974. p. 49-69.

SILVA, A.P.; NEUMANN-LEITÃO, S.; SCHWAMBORN, R.; GUSMÃO, L.M.O.; SILVA, T.A. Mezooplankton of the impacted bay in Northeast Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 47, n. 3, p. 485-493. 2004.

SILVEIRA, P.B.; ALVES, P.S.; ALMEIDA, A.M.; SILVA-FILHO, C.A.; VALENTIM, E.; HAZIN, C.A. Avaliação da biodisponibilidade de metais em sedimentos de manguezais da área do Complexo Estuarino de Suape-PE. **Scientia Plena**, v. 9, n. 8, p. 1-8. 2013.

SOUZA-SANTOS, L.P.S.; ARAÚJO, R.J. Water toxicity assessment in the Suape estuarine complex (PE-Brazil). **Ecotoxicol. Environ. Contam.**, v. 8, n. 1, p. 59-65. 2013.

VASCONCELOS FILHO, A.L.; GEUDES, D.S.; SOBRINHO, D.G. Taxonomia e ecologia da fauna ictiológica da área de Suape (Pernambuco, Brasil). **Trabalhos Oceanográficos da UFPE**, n. 21, p. 305-343. 1990.

YOGUI, G.T.; TANIGUCHI, S.; SILVA, J.; MIRANDA, D.A.; MONTONE, R.C. The legacy of man-made organic compounds in surface sediments of Pina Sound and Suape Estuary, northeastern Brazil. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 66, n. 1, p. 58-72, 2018.

ZANARDI-LAMARDO, E.; SCHETTINI, C.A.F.; VIEIRA-CAMPOS, A.A.; CABRAL, C.B.; SILVA, M.S. Intratidal variability and transport of petroleum aromatic hydrocarbons in an anthropized tropical estuarine system: the Suape estuary (8.4S 35W). **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 66, n. 1, p. 47-57. 2018.

Análise dos componentes da fração arenosa como indicadores ambientais no sistema costeiro associado ao Complexo Industrial Portuário de Suape (PE)

Roberto Lima Barcellos¹, Luciana Dantas dos Santos², Taiana Regina Silva de Oliveira³,
Thaís de Santana Oliveira⁴, Jéssica Cristina Amorim da Silva⁵

Resumo

O artigo objetiva a aplicação dos dados, obtidos por meio da análise da fração arenosa, na determinação das variações espaciais da dinâmica de fundo do sistema estuarino-lagunar de Suape (PE), além da avaliação do grau de influência continental, marinha ou antrópica, nos sedimentos do Complexo Industrial Portuário associado. Os sedimentos analisados foram predominantemente litoclásticos arenosos, pobremente selecionados e com baixos teores orgânicos. Na fração arenosa, ocorreu uma predominância de sedimentos terrígenos quartzosos, com ampla ocorrência de fragmentos de rochas, minerais pesados e pouco carbonato de cálcio em todo o sistema, para ambas

Abstract

The aim of this article is the coarse fraction analysis employment to determine the spatial bottom dynamics of the Suape estuarine-lagoonal system (PE), and the evaluation of the degree of continental, marine or anthropic influences in the Industrial Port Complex associated to it. The analyzed sediments were, in general, sandy lithoclastic, poorly sorted and with low organic matter contents. In the sandy fraction quartz terrigenous sediments prevailed rock fragments, heavy minerals and low calcium carbonate contents in the whole system, for both fractions. Fine sediments enriched in organic matter were

1 Professor associado da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). PhD e mestre em Oceanografia Química e Geológica; e bacharel em Geografia pela Universidade de São Paulo (USP).

2 Mestre em Geologia Sedimentar e Ambiental pela UFPE e licenciada em Geografia pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN).

3 Mestre em Geologia Sedimentar e Ambiental; e bacharel em Biologia pela UFPE.

4 Mestre em Oceanografia; e bacharel em Geografia pela UFPE.

5 Licenciada em Biologia pela Faculdade Frassinetti do Recife (Fafire) e bolsista de Iniciação Científica da Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (Facepe).

as frações. Sedimentos lamosos enriquecidos em matéria orgânica foram observados no canal de acesso do porto, o que pode estar associado a aportes locais naturais e de origem antrópica.

observed in the port access channel, directly related to local inputs from natural or anthropic sources.

Palavras-chave: Sedimentos. Subambientes costeiros. Matéria orgânica. Impactos ambientais.

Keywords: *Sediments. Coastal subenvironments. Organic matter. Environmental impacts*

1. Introdução

A zona costeira consiste na principal área que é fonte de sedimentos de origem continental para as regiões oceânicas adjacentes. Transportados majoritariamente por cursos fluviais, os sedimentos depositados em áreas costeiras e oceânicas são produto da interação entre o aporte de material continental e os sedimentos autóctones, principalmente de origem biogênica, da plataforma continental. Esses depósitos sedimentares guardam em si registros da história evolutiva desse ambiente de transição e de seu comportamento atual, fornecendo parâmetros para a compreensão dos processos que nele ocorrem e de suas relações ecológicas (HASLETT, 2001; MASSELINK; HUGHES, 2003).

O conhecimento dos processos sedimentares em regiões costeiras com base nas características dos sedimentos, conforme apontado por Barcellos e Furtado (2001), tem sido, há muito tempo, limitado à interpretação dos parâmetros estatísticos de Folk e Ward (1957), relacionados à granulometria (diâmetro médio, grau de seleção, assimetria e curtose) e aos parâmetros composicionais, como de assembleias de minerais pesados e de conteúdos de carbonatos e matéria orgânica. Em certos casos, no entanto, os parâmetros granulométricos não refletem as condições que levam à deposição de grandes quantidades de materiais não siliciclásticos, tais como fragmentos carbonáticos ou vegetais (MAHIQUES *et al.*, 1998). Isto ocorre principalmente em amostras com distribuições bimodais, indutoras de interpretações equivocadas sobre a dinâmica sedimentar do ambiente.

A análise da fração arenosa, *coarse fraction analysis*, foi proposta por Shepard e Moore (1954) como uma técnica sedimentar complementar simples, que pode auxiliar nas interpretações baseadas nos parâmetros granulométricos. Foi originalmente utilizada para a diferenciação entre ambientes costeiros e de plataforma continental.

No presente trabalho, foi utilizada uma técnica análoga, a partir da modificação de Mahiques (1987) da análise proposta por Shepard e Moore (1954), consistindo na identificação e contagem dos grãos componentes das frações arenosas retidas nas peneiras de malhas 0,500 mm (1Ø) e 0,250mm (2Ø). Essa análise permite obter um parâmetro de avaliação da influência continental ou marinha, nos sedimentos, pela detecção dos tipos de fragmentos contidos nas amostras selecionadas. Mahiques *et al.* (1998) inferem que esse tipo de análise pode ser útil como técnica adicional ao estudo da granulometria ou de análise química, permitindo uma caracterização de subambientes em áreas costeiras.

Outro parâmetro sedimentar importante é a morfometria, correspondendo à descrição da forma do grão, expressa pela esfericidade e pelo arredondamento, ao passo que feições superficiais diminutas são referidas como textura superficial do grão. Tais informações são fundamentais para o conhecimento sobre a distribuição espacial dos sedimentos e os processos costeiros, como energia das correntes e ondas, responsáveis pelo transporte, pela deposição e pelo retrabalhamento dos materiais sedimentares em cada porção do litoral (SUGUIO, 2003).

Os principais componentes que constituem os sedimentos são a matéria orgânica em vários estados de decomposição, partículas minerais e uma componente inorgânica de origem biogênica, como certas formas de carbonato (WETZEL, 2001). Dessa forma, a matéria orgânica sedimentar e o carbonato de cálcio são indicadores geoquímicos importantes para a avaliação de impactos ambientais em áreas costeiras. A constituição e a distribuição da matéria orgânica sedimentar em ambientes de transição marinhos são sensíveis: às condições hidrológicas, químicas e biológicas da coluna d'água; aos aportes de material marinho e continental; e às características sedimentológicas do ambiente (BADER, 1955; CIFUENTES, 1991), além de terem sido largamente utilizadas na correlação de diversos processos oceanográficos (MEYERS, 1997). O conteúdo em carbonato de cálcio indica a influência marinha na sedimentação (PARAOPKARI *et al.*, 1991).

Este artigo tem como objetivos: a aplicação dos dados, obtidos por meio da análise da fração arenosa e demais parâmetros sedimentares, na determinação das variações espaciais da dinâmica de fundo do sistema estuarino-lagunar de Suape (PE); além da avaliação do grau de influência continental, marinha ou antrópica, nos sedimentos da área do Complexo Industrial Portuário associado.

Diante do quadro de desenvolvimento das atividades ocorridas nas últimas quatro décadas, desde a construção, em 1978, do Complexo Industrial Portuário Governador Eraldo Gueiros, mais conhecido como Porto de Suape, estudos sobre a dinâmica sedimentar recente, em todo o seu sistema costeiro, são necessários para que se possa equacionar o potencial da área em

suportar as alterações antrópicas advindas das questões ambientais existentes, além de gerar subsídios científicos para a interpretação de seu comportamento em uma perspectiva futura.

2. Materiais e métodos

2.1. Área de estudo

O Complexo Industrial Portuário de Suape está localizado na Baía de Suape ($8^{\circ}20'/8^{\circ}25'S$ - $34^{\circ}55'/35^{\circ}00'W$) (Figura 1), a cerca de 40 quilômetros (km) ao sul do Recife, capital do Estado de Pernambuco (PE). A área é formada pela associação dos estuários dos rios Massangana, Tatuoca, Ipojuca e Merepe. Está sujeita a uma série de alterações físicas e estruturais e exposta a processos impactantes como dragagem, assoreamento/erosão, aterros em manguezal e planície costeira, tráfego de embarcações de grande porte, descargas de efluentes industriais e domésticos, entre outros.

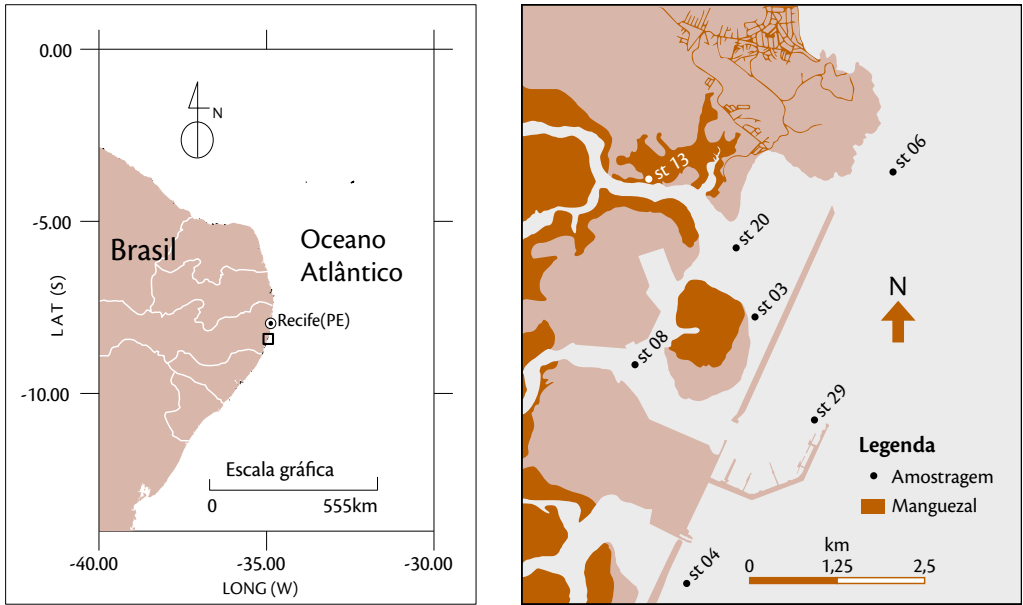


Figura 1. Localização do sistema costeiro de Suape (PE) e das estações de coleta analisadas

Fonte: Elaborada pelos autores.

O sistema costeiro como um todo é relativamente raso, com áreas mais profundas presentes no canal de acesso e na bacia de evolução do porto (maior que 15 metros de profundidade) (BARROS, 2009). A região lagunar pode ser caracterizada como uma lagoa costeira aberta (KJERFVE, 1986), onde é esperado um nível de troca elevado entre a laguna e o oceano. A circulação do corpo lagunar deve ser dirigida principalmente pelas marés e pelo vento, embora as contribuições de água doce dos rios Massangana e Tatuoca possam vir a produzir gradientes salinos, em especial, durante o período chuvoso (MIRANDA *et al.*, 2002).

O clima é tropical Aw', com temperatura média anual de 25°C e estação úmida no outono-inverno (de abril a agosto) (2000mm.y⁻¹), estando o sistema submetido a um regime de meso-marés (2,7 m). A área estuarina onde o Porto se localiza tem por volta de 10 quilômetros quadrados (km²) de espelho-d'água e pode ser considerada como um sistema estuarino-lagunar associado ao delta intralagunar do rio Ipojuca. Como atualmente este rio ficou isolado da baía de Suape, em razão do aterro portuário, e o rio Tatuoca foi barrado, dragado e convertido no canal de acesso principal do porto, a laguna é submetida, no presente, a uma baixa vazão fluvial do rio costeiro Massangana (2 m³ s⁻¹).

2.2. Atividades de campo e laboratório

Em 02 de agosto de 2015, foi realizado um cruzeiro oceanográfico com a finalidade de coletar sedimentos superficiais de fundo no sistema estuarino de Suape, com a utilização do amostrador de mandíbulas do tipo *Van Veen*. A localização de cada amostra foi obtida por meio de um GPS *Garmin Etrex 20* e as profundidades foram medidas por um profundímetro portátil do tipo *Sumergible PS-7*. A seleção dos pontos amostrais obedeceu a um critério de caracterização de subambientes sedimentares no sistema e, dessa forma, foram obtidas as amostras representativas das seguintes localidades: laguna/baía de Suape (ST03); plataforma interna adjacente ao Rio Ipojuca (ST04); plataforma interna próxima à desembocadura da laguna (ST06); canal dragado do Rio Tatuoca (ST08); estuário do Rio Massangana (ST13); laguna/baía de Suape central (ST20); e plataforma interna na área abrigada do Porto (ST29).

O procedimento de análise granulométrica dos sedimentos de superfície foi efetuado de acordo com as técnicas de peneiramento e pipetagem descritas em Suguio (1973). Após a obtenção dos resultados, os dados sofreram tratamento segundo os parâmetros estatísticos de Folk e Ward (1957) e do diagrama de fácies sedimentares de Shepard (1954).

Os conteúdos em carbonato de cálcio (CaCO_3) e matéria orgânica total (MOT) foram determinados a partir da diferença, em peso seco, antes e após o ataque com solução de Ácido Clorídrico (HCl) e Peróxido de Hidrogênio (H_2O_2) diluídos a 10%, respectivamente (CARVER, 1971).

Para auxílio na determinação de subambientes sedimentares, foi realizada a análise da fração arenosa das malhas 0,250 (2Ø) e 0,500 mm (1Ø), como proposto por Mahiques *et al.* (1998). A análise dos constituintes de fração arenosa foi baseada na “*coarse fraction analysis*”, proposta por Shepard e Moore (1954), e modificada por Mahiques (1987), consistindo na identificação e contagem dos grãos componentes das frações retidas nas peneiras de malhas 0,500 mm (1Ø) e 0,250 mm (2Ø).

Os sedimentos foram analisados em lupa binocular e, depois da observação total da amostra, foram contados e identificados de 200 a 300 grãos, a partir de modificação do proposto por Hubert (1971).

De acordo com Mahiques *et al.* (1998), a primeira aproximação para a análise dos dados seria definir um parâmetro numérico que poderia fornecer uma medida da influência biogênica marinha sobre cada amostra. Este indicador, denominado Índice de Biogênicos Marinhos (BM), é definido como a diferença entre a frequência relativa dos constituintes biogênicos marinhos e terrígenos. O índice BM é uma medida do padrão da influência marinha sobre a amostra e isto varia de (-1) a (+1), de modo que valores próximos de (-1) estão relacionados a uma contribuição continental mais alta. A utilização desse índice parte do princípio de que todos os constituintes terrígenos são advindos de uma fonte moderna continental, isto é, sedimentos neotéricos, de acordo com (MCMANUS, 1975 *apud* MAHIQUES *et al.*, 1998).

Os dados obtidos para as frações analisadas, retidas nos intervalos 0,707-0,500 mm (1Ø) e 0,350-0,250 mm (2Ø), foram interpretados separadamente. Essas classes granulométricas, quando sujeitas à ação de correntes, sofrem tipos de transporte distintos, no caso, tração e saltação, respectivamente. Isto ocorre devido a equivalências hidráulicas diferentes, decorrentes das variações na forma e/ou na densidade das partículas, como apontado em Mahiques *et al.* (1998). Segundo o mesmo autor, este comportamento hidráulico distinto entre as frações granulométricas indica a existência de importantes diferenças nas frequências relativas dos constituintes, conforme o tamanho do grão, sendo os fragmentos carbonáticos mais comuns nos grãos 1Ø (0,50mm: areia grossa) do que na fração 2Ø (0,25mm: areias médias), tal qual descrito em Pilkey *et al.* (1967) *apud* Mahiques *et al.* (1998), para praias e dunas arenosas.

Foram identificados, nas amostras: fragmentos de moluscos (MOL), foraminíferos (FOR) e fragmentos de tubos de poliquetas (POL). Equinodermas, colônias de briozoários, cirripédios, fragmentos de crustáceos, espinhas de peixes, ostracodes e fragmentos de coral são descritos como outros biogênicos marinhos (OBM). Observou-se também quartzo (QZO), quartzo limonitizado (QLIM), mica (MICA) e fragmentos vegetais (FVEG). Classificou-se os Minerais pesados, fragmentos de rocha e feldspatos como outros terrígenos (OTR). Os constituintes que compõem as classes outros biogênicos marinhos (OBM) e outros terrígenos (OTR) foram agrupados por ocorrerem em menor frequência que as classes dominantes, nas amostras selecionadas. As siglas (TTR) e (TBM) representam o total de terrígenos e o total de biogênicos marinhos, respectivamente.

A análise morfooscópica permitiu caracterizar o grau de arredondamento e esfericidade dos sedimentos costeiros, por meio de uma lupa binocular com iluminação por reflexão, o que possibilitou visualizar as propriedades morfométricas dos grãos. Para cada amostra analisada, foi contado um total de 100 grãos de areia quartzosa na placa de Petri da fração granulométrica predominante em cada ambiente costeiro. A análise do grau de arredondamento e a da esfericidade foi realizada de acordo com a carta visual de estimativa de arredondamento de Krumbein e Sloss (1963). Assim, os índices de esfericidade 0,3 e 0,5 foram classificados como de grau baixo e os de 0,7 e 0,9, como de alto grau. Por sua vez, o índice de arredondamento foi caracterizado como anguloso em 0,1; subanguloso em 0,3; subarredondado em 0,5; arredondado em 0,7; e bem arredondado em 0,9.

Após a obtenção dos dados de campo e laboratório, essas informações foram tratadas em meio digital para a elaboração dos mapas de distribuição gerados por meio do programa *Surfer for Windows 11.0*.

3. Resultados

As localizações das estações de coleta; das profundidades; e os dados das análises sedimentológicas e geoquímicas são ilustrados na Tabela 1. Os dados de CaCO_3 e MOT são ilustrados na figura 2A e 2B.

Tabela 1. Localização, profundidade, sedimentologia e geoquímica das estações de coleta no sistema estuarino-lagunar de Suape

ST	ST3	ST4	ST6	ST8	ST13	ST20	ST29
Longitude (W)	-34°09,514'	-34°09,620'	-34°09,367'	-34°09,694'	-34°09,711'	-34°09,580'	-34°09,480'
Latitude (S)	-08°03,696'	-08°04,124'	-08°03,557'	-08°03,081'	-08°03,598'	-08°03,683'	-08°03,909'
Prof(m)	12,0	14,5	17,4	11,0	3,2	2,0	20,0
Cascalho (%)	3,18	7,73	14,01	2,78	5,86	0,20	1,06
Areia (%)	89,84	92,27	85,79	30,50	93,90	99,80	85,33
Silte (%)	6,98	0,00	0,20	36,17	0,23	0,00	13,61
Argila (%)	0,00	0,00	0,00	30,56	0,00	0,00	0,00
Lama (%)	6,98	0,00	0,20	66,73	0,23	0,00	13,61
Folk e Ward (1957)	Areia fina	Areia grossa	Areia grossa	Silte médio	Areia média	Areia grossa	Areia fina
Shepard (1954)	Areia	Areia	Areia	Silte argilo-arenoso	Areia	Areia	Areia
Grau de seleção	Pobrememente selecionado	Moderadamente selecionado	Pobrememente selecionado	Muito Pobrememente selecionado	Pobrememente selecionado	Bem selecionado	Pobrememente selecionado
MOT(%)	7,67	1,37	1,37	19,37	1,53	0,90	5,40
CaCO ₃ (%)	16,0	46,5	15,5	21,70	13,00	1,20	39,80

Fonte: Elaborada pelos autores.

Com exceção da estação 8, localizada no canal dragado do rio Tatuoca, os sedimentos de granulação de areia dominaram em todas as amostras, variando de 85,3-99,8%. Apenas a estação 8 apresentou um percentual de argila em sua composição de 30,56%) e o maior percentual de silte (36,17%), sendo classificada como silte médio, de acordo com os parâmetros estatísticos de Folk e Ward (1957), e como um silte argilo-arenoso, de acordo com Shepard (1954). O maior percentual de cascalho foi encontrado na estação 6 (14,01%), sendo a única com o teor >10% dentre todo o conjunto de amostras, estando localizada externa ao Porto, na plataforma continental, próxima à desembocadura norte da laguna.

Os teores de CaCO₃ variaram entre 1,20% a 46,50%, com prevalência de sedimentos litoclásticos em 71,42% das amostras, de acordo com a classificação de Larssoneur *et al.* (1982). Duas amostras ST04 e ST29, localizadas na plataforma interna continental, apresentaram valores de CaCO₃ entre 30% e 40%, indicando substrato com características litobioclásticas (46,5% e 39,80%, respectivamente) (Figura 2A).

Os conteúdos de MOT exibem uma variação de 0,9% a 19,4% e, de acordo com Oliveira *et al.* (2014), os percentuais acima de 6% indicam associação a sedimentos de característica lamosa (Figura 2B). Esses dados confirmam as condições dos pontos (ST03, ST08 e ST29) classificados como areia fina, silte médio e areia fina, respectivamente, que apresentam os maiores percentuais lamosos. Dessa forma, demonstram que os sedimentos analisados foram predominantemente litoclásticos arenosos, em geral classificados como pobremente selecionados, e com teores orgânicos, em sua maioria, baixos ao longo das estações de coleta do sistema estuarino-lagunar de Suape.

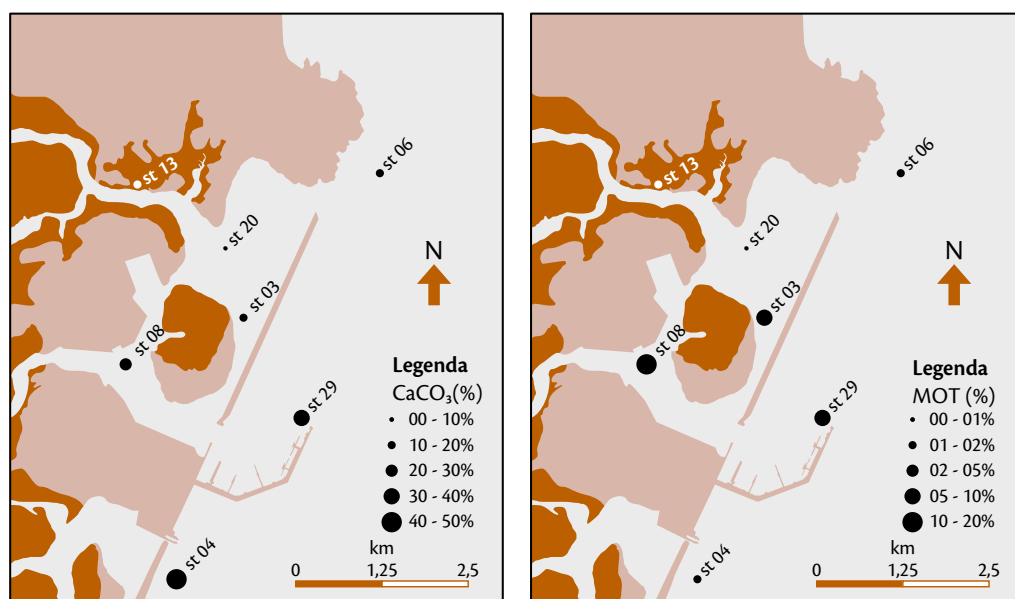


Figura 2. A) Distribuição do Carbonato de Cálcio sistema estuarino-lagunar de Suape. B) Distribuição da Matéria Orgânica Total

Fonte: Elaborada pelos autores.

Amostras lamosas, com teores orgânicos mais altos, são encontradas, por sua vez, nas porções internas do estuário, enquanto que sedimentos mais grosseiros, litobioclásticos, com baixos teores de MOT, caracterizam a plataforma continental adjacente ao sistema costeiro de Suape. Esse padrão de distribuição espacial foi também observado em outros estuários da costa pernambucana, tais como os sistemas estuarinos dos rios Jaboatão (BARCELLOS *et al.*, 2016a), Formoso (SANTOS; BARCELLOS, 2017), Goiana (BARCELLOS; ALVES; FETTER, 2016) e Capibaribe (OLIVEIRA *et al.*, 2014).

Tabela 2. Percentuais da análise da fração arenosa das malhas 0,250 e 0,500mm

0,250 mm							
Tipos de grãos/Percentuais	ST03	ST06	ST04	ST13	ST08	ST29	ST20
Quartzo	64	50	20	88	10	20	100
Quartzo limonitizado		20	10				
Mica	6				5		
Minerais Pesados	2	10	9	12			
Fragmentos de Rocha	10	19	40		30	30	
Fragmentos Vegetais			6		40		
M. Gastropoda		1					
Fragmentos de coral			15			20	
Frag. Não identificado	18				15		
Escafópoda						10	
Outros Marinhos						20	
0,500 mm							
Tipos de grãos/Percentuais	ST03	ST06	ST04	ST13	ST08	ST29	ST20
Quartzo	80	30	30	95	2	20	100
Quartzo limonitizado		45	50				
Mica	8						
Minerais Pesados					8		
Fragmentos de Rocha	4	25	15	5	60	20	
Fragmentos Vegetais					20		
Outros Terrígenos					10		
M. Gastropoda	8						
Frag. Não identificado						20	
Escafópoda							
Outros Marinhos			5			40	

Fonte: Elaborada pelos autores.

A Tabela 2 representa os dados da análise da fração arenosa referentes à porcentagem relativa de cada amostra nas malhas 0,250 e 0,500 mm, respectivamente. A Tabela 3 apresenta os dados do índice B.M e a Tabela 4, os resultados das análises morfoscópicas. Os gráficos 1 e 2 demonstram as porcentagens das malhas de 250 mm e 500 mm respectivamente.

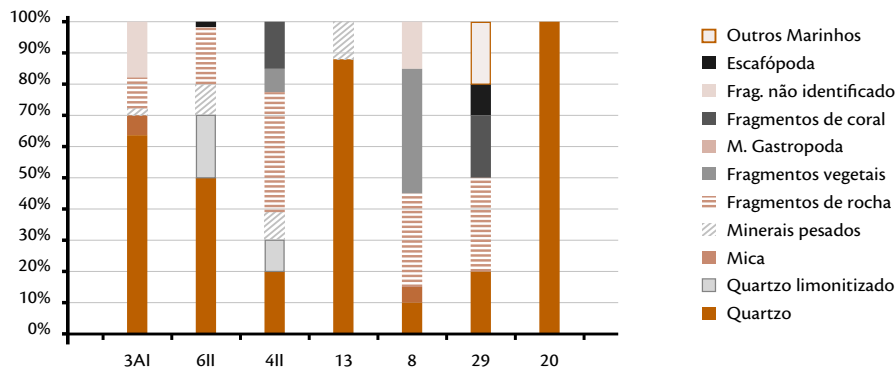


Gráfico 1. Gráfico das porcentagens da análise da Fração Arenosa da malha de 250 mm

Fonte: Elaborado pelos autores.

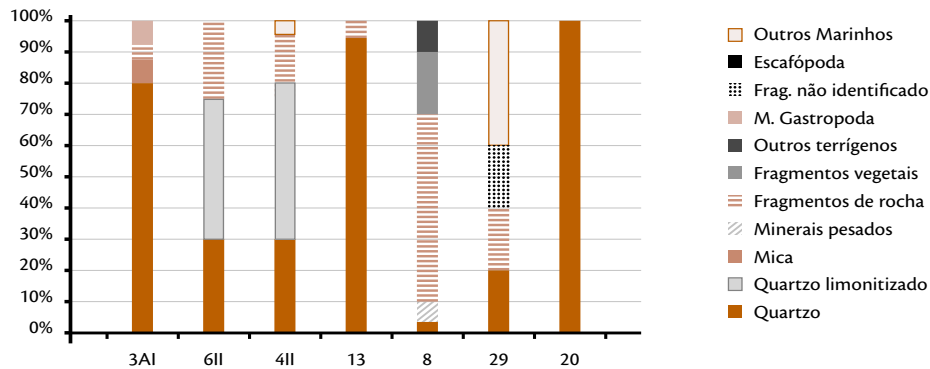


Gráfico 2. Gráfico das porcentagens da análise da Fração Arenosa da malha de 500 mm

Fonte: Elaborado pelos autores.

No geral, houve uma predominância de sedimentos terrígenos de composição quartzosa (índice B.M. = < -0,64), com ampla ocorrência de fragmentos de rochas e minerais pesados em todo o sistema, para ambas as frações. Os sedimentos com maiores conteúdos de grãos biogênicos marinhos e percentual de CaCO_3 (10%) encontram-se na estação 29 (B.M. = 0,00 e 0,20 para peneiras de 0,250 e 0,500 mm, respectivamente), mais externa ao complexo (Tabela 3).

Tabela 3. Frequência dos fragmentos terrígenos e marinhos e Índice B.M. das amostras

Amostras	Terrígenos	Marinhos	Total	Índice BM
0,250mm				
3	82	18	100	-0,64
6	99	1	100	-0,98
4	85	15	100	-0,7
13	100	0	100	-1
8	85	15	100	-0,7
29	50	50	100	0
20	100	0	100	-1
0,500mm				
3	92	8	100	-0,84
6	100	0	100	-1
4	95	5	100	-0,9
13	100	0	100	-1
8	90	10	100	-0,8
29	40	60	100	0,2
20	100	0	100	-1

Fonte: Elaborada pelos autores.

Em relação à morfoscopia, o que corresponde a 57,14% das amostras, foi observada a presença de brilho, indicando que tais sedimentos foram retrabalhados em ambientes subaquoso. A alta esfericidade foi predominante para as amostras dos grãos maiores (0,500 mm) e a baixa esfericidade, para os grãos menores (0,250mm). Essa constatação era esperada, visto que a esfericidade aumenta com o aumento do tamanho do grão. O arredondamento dos grãos variou de subanguloso a bem arredondado. Os dados obtidos em diferentes pontos da área estudada apontaram uma

predominância de grãos subangulosos (57,14%), nas frações mais finas (0,250mm), indicando um possível transporte pouco eficiente. Para a fração de grãos mais grossos (0,500mm), por sua vez, há um predomínio de grãos subarredondados a bem arredondados (Tabela 4).

Tabela 4. Textura e grau de arredondamento e esfericidade das amostras da malha de peneiras de 0,250mm e de 0,500mm

Amostras	Textura	Arredondamento	Esfericidade
0,250mm			
3	Brilhoso	0,3	0,5
6	Brilhoso	0,3	0,5
4	Fosco	0,3	0,5
13	Brilhoso	0,5	0,5
8	Fosco	0,3	0,5
29	Fosco	0,7	0,5
20	Brilhoso	0,5	0,9
0,500 mm			
3	Brilhoso	0,5	0,9
6	Brilhoso	0,5	0,9
4	Fosco	0,5	0,9
13	Brilhoso	0,3	0,9
8	Fosco	0,5	0,3
29	Fosco	0,9	0,7
20	Brilhoso	0,3	0,9

Fonte: Elaborada pelos autores.

4. Discussão

De acordo com as tabelas e com os mapas de distribuição elaborados, ocorre uma predominância de sedimentos terrígenos e arenosos litoclásticos em todo o sistema, apresentando, quase que estritamente, valores do índice BM abaixo de -0,50, com um percentual relativo de grãos

terrígenos acima de 80% e conteúdo de areia acima de 98,0%, em 71,4% das amostras. Em geral, são sedimentos de composição quartzosa, ricos em fragmentos de rochas, minerais pesados e com baixo conteúdo de carbonato de cálcio ($< 5\%$).

A abundância de fragmentos de rocha relaciona-se ao aporte oriundo da área continental com pouca influência marinha. Os sedimentos mais ricos em fragmentos de rochas são os das estações 6, 4 e 8, sendo a amostra ST8 a mais interna do sistema e as amostras 6 e 4, mais externas. Apesar dessas duas amostras, ST 6 e ST 4, serem mais externas, a influência marinha não foi muito presente. Isso provavelmente pode ser explicado pelo aporte continental em trazer os sedimentos terrígenos em suspensão até o sul do sistema. BARCELLOS *et al.* (2016b) no Rio Goiana (PE), Siqueira (2007) e Barcellos *et al.*, (2005) no sistema estuarino-lagunar de Cananéia-Iguape (SP) também encontraram resultados semelhantes com o predomínio de sedimentos terrígenos nestes estudos.

No caso dos sedimentos com maiores conteúdos de grãos biogênicos marinhos, estes encontram-se na ST 29, com valores de índice BM variando de 0 a 0,20, indicando que esta porção do sistema sofre uma maior influência marinha no processo sedimentar. Isto se deve, primordialmente, à sua localização mais externa do sistema, na área abrigada do píer externo de atracação.

Com relação aos grãos estudados, foram observados a presença de brilho e o predomínio da textura brilhosa nas amostras, indicando que tais sedimentos são realmente retrabalhados em ambiente subaquoso. Além disso, a ocorrência de textura fosca pode estar associada à incidência de argila nos sedimentos, ocasionando um falso fosqueamento.

Esfericidade corresponde a uma grandeza que expressa numericamente o grau de aproximação da forma de uma partícula do tamanho areia com aquela de esfera perfeita. A esfericidade reflete as condições de deposição no momento da acumulação, embora em grau mais limitado seja modificada também pela abrasão (SUGUIO, 2003; BARROS *et al.*, 2007). Foi observado, na maioria das amostras, que a alta de esfericidade é predominante nos grãos maiores (0,500mm), comprovando a afirmação de Reineck e Singh (1980), na qual os grãos de areia se tornam mais esféricos com a intensificação do desgaste e da fragmentação durante o transporte e a esfericidade, por sua vez, cresce conforme o aumento do tamanho do grão.

De uma maneira geral, o grau de arredondamento aumenta com a duração do transporte e do retrabalhamento. Os dados obtidos em diferentes pontos da área estudada apontaram uma predominância de grãos subangulosos (57,14%), nas frações mais finas (0,250mm), indicando, assim, uma intensa abrasão capaz de fraturar os grãos de quartzo maiores que, segundo Blatt

(1970) *apud* McLane (1995), não conseguem mais ficar bem arredondados e/ou são resultado de um transporte pouco eficiente.

Marques *et al.* (2011), ao estudar a geoquímica de metais nos sedimentos da zona estuarina do Porto de Suape, também encontraram alta concentração de MOT (11%) em amostras colhidas no porto interno, próximo à Ilha de Cocaia. Para Chagas (2003), esta concentração representa um reflexo das atividades locais relacionadas à área portuária, como descargas de esgoto não tratado.

A faixa de concentração de MOT registrada no presente estudo (0,19 a 19,4%), em relação à observada por Oliveira *et al.* (2014) nas amostras localizadas no porto do Recife, foi inferior para o período chuvoso (6,03 a 24,43%) e superior para o seco (3,60 a 13,43%). Por sua vez, foi superior para os dois períodos, quando comparada às concentrações encontradas na orla de Santos por Ferraz *et al.* (2012) (1,5 e 3,0% no verão e 1,0 e 4,0% no inverno).

De acordo com a Resolução CONAMA 454/12, os valores de MOT em 14% dos sedimentos coletados estão com concentrações acima do valor alerta (> 10% de carbono), o qual representa possibilidade de causar prejuízos ao ambiente.

5. Conclusões

Ocorre uma predominância de sedimentos terrígenos e arenosos litoclásticos em todo o sistema, para ambas as frações arenosas.

Os sedimentos são, em geral, de composição quartzosa, com ampla ocorrência de fragmentos de rochas, minerais pesados e baixo conteúdo de carbonato de cálcio. As maiores concentrações de CaCO_3 decorrem de influências, como localização na plataforma, e são amostras compostas, em geral, por sedimentos arenosos e cascalhosos.

A presença de brilho foi predominante, assinalando que tais sedimentos são realmente retrabalhados e constantemente transportados em ambiente subaquoso. Isso também é refletido pela alta esfericidade, em especial nos grãos maiores (0,500 mm), bem como no maior grau de arredondamento das partículas sedimentares, correspondendo a mais indicativos deste processo de transporte.

Em síntese, as características dinâmicas das correntes estuarinas do sistema condicionam o processo de sedimentação da matéria orgânica e do carbonato de cálcio da área e indicam, ainda, uma distribuição sedimentar espacial marcada, onde podem ser identificadas áreas preferenciais de deposição: 1) sedimento lamoso com muita MOT e CaCO_3 no canal de acesso ao porto interno; 2) amostras essencialmente litoclásticas e com baixos teores de MOT da laguna e no Massangana; e 3) as amostras mais enriquecidas de CaCO_3 na plataforma interna.

A presença de altos teores de MOT pode ser indicativa de: um ambiente, no geral, de baixa dinâmica, em especial, no canal dragado do porto; bem como da existência de um aporte local perene e considerável de material orgânico (natural e antropogênico) que fica retido nos sedimentos estuarinos. Os valores de MOT encontrados estão, em sua maioria, abaixo do valor alerta estipulado pela legislação. Estudos mais aprofundados, envolvendo a composição elementar da matéria orgânica (C e N) e as suas razões de isótopos estáveis, além de análises de metais no sedimento, irão complementar o presente estudo inicial sobre a área, permitindo realizar avaliações ambientais mais aprofundadas sobre esta localidade.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (Facepe) pelo suporte financeiro ao projeto de apoio à pesquisa (APQ-0260-1.08/15): "Sedimentação holocênica na região de influência do Complexo Industrial Portuário de Suape (PE) (*Suape-Geosub*)", que possibilitou a realização deste artigo. Agradecem, do mesmo modo, pelos projetos de Iniciação Científica (Pibic-Facepe): (BIC-2426-1.08/15) "Análise dos componentes da fração arenosa (0,25mm e 0,50mm) do Complexo Industrial Portuário de Suape (PE)" e (BIC-3621-1.08/16) "Distribuição espacial de foraminíferos bentônicos no sistema estuarino-lagunar do complexo Portuário Industrial de Suape (PE)".

Referências

BADER, R.G. Carbon and nitrogen relations in surface and subsurface sediments. **Geochimical & Cosmochimical Acta**, v. 7, n.5/6, p. 205-211. 1955.

BARCELLOS, R.L.; ALVES, C.S.; FETTER-FILHO, A.F.H. **Geoquímica e dinâmica sedimentar do sistema estuarino do Rio Goiana**. 1. ed. Saarbrücken, Alemanha: NEA- Edições, 2016b. v. 1. 89p.

BARCELLOS, R.L.; BERBEL, G.B.; BRAGA, E. de S.; FURTADO, V.V. Distribuição e características do fósforo sedimentar no sistema estuarino-lagunar de Cananéia-Iguape, Estado de São Paulo, Brasil. **Geochimica Brasiliensis**, v. 19, n. 1, p. 22-36. 2005.

BARCELLOS, R.L.; FURTADO, V.V. Caracterização dos componentes da fração arenosa (0,500mm/0,250mm) no Canal de São Sebastião (SP). **Pesquisas em Geociências** v. 28, n. 2, p. 35-51. 2001.

BARCELLOS, R.L.; MONTES, M.J.F.; ALVES, T.M.F.; CAMARGO, P.B. Modern sedimentary processes and seasonal variations of organic matter in an urban tropical estuary, Jaboatão River (PE), Brazil. **Journal of Coastal Research**, n. 75, p. 38-42. 2016a.

BARROS, L.C.; VALENÇA, L.M.M.; MANSO, V. A. V.; MADRUGA, J. D. & OLIVEIRA, J. A. R. Textura, composição e arredondamento dos sedimentos da plataforma continental interna adjacente às desembocaduras sul do canal de santa cruz e do rio timbó, norte do estado de Pernambuco. **Estudos Geológicos** v. 17 (1), 2007.

BARROS, L.C. **Estudos sedimentológicos, batimétricos e geoquímicos na região interna do Porto de Suape**. 186f. Tese (Doutorado) - CTG-UFPE. Recife, 2009.

CARVER, R. E. Settling analysis. **Procedures in sedimentary petrology**. New York: Wiley-Interscience. 1971. p. 427-452.

CHAGAS, A.C.O. **Níveis de metais pesados e hidrocarbonetos em sedimentos do Complexo Industrial Portuário de Suape – PE – Brasil**. 80 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco. 2003.

CIFUENTES, L. A. Spatial and temporal variations in terrestrially-derived organic matter from sediments of delaware estuary. **Estuaries**, v. 14, n. 4, p 414-429. 1991.

COMPLEXO Industrial Portuário de Suape. **Site**. Disponível em: <http://www.suape.pe.gov.br/>. Acesso em: 03 jul. 2018.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução nº 454**, de 01 de novembro de 2012. Estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material

a ser dragado em águas sob jurisdição nacional. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=693>.

FERRAZ, M.A., CHOUERI, R.B., FIORI, E.F., NOBRE, C.R., CESAR, A., PEREIRA, C.D.S., 2012. Avaliação da qualidade dos sedimentos da orla de Santos empregando-se ensaios de toxicidade e caracterização da estrutura da comunidade macrobentônica. *Mundo Saúde* 36, 625–634.

FOLK, R.L.; WARD, W.C. Brazos River Bar: Study of the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*, n. 27, p. 3-27. 1957.

HASLETT, S.K. **Coastal systems**. London, New York: Routledge, 2001. 217p.

HUBERT, J.F. Analysis of heavy-mineral assemblages. In: CARVER, R.E. (ed.). **Procedures in sedimentary petrology**. New York: Wiley-Interscience. 1971. p. 453-478.

KJERFVE, B. Comparative oceanography of coastal lagoons. In: WOLFE, D.A. (ed.) **Estuarine variability**. New York: Academic Press, 1986. p. 63-81.

KRUMBEIN, W.C.; SLOSS, L.L. **Stratigraphy and sedimentation**. New York: WH Freeman, 1963. 660 p.

LARSSONEUR, C.; BOUYSE, P.; AUFRET, J.P. The Superficial sediments of the English Channel and its Western Approach. *Sedimentology*, v. 29, n. 6, p. 851-864. 1982.

MAHIQUES, M. M. de. **Considerações sobre os sedimentos de superfície de fundo da Baía da Ilha Grande, Estado do Rio de Janeiro**. 139 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto Oceanográfico - USP, São Paulo, 1987.

MAHIQUES, M.M. de; TESSLER, M.G.; FURTADO, V.V. Characterization of energy gradient in enclosed bays of Ubatuba Region, South-Eastern Brazil. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, n. 47, p. 431-446. 1998.

MARQUES, J.S.J.; RANGEL, T.P.; BRITO, F.P.; ALMEIDA, M.G.; SALOMÃO, M.S.M.B.; GOBO, A.A.R.; SOUZA-SANTOS, L.P.; ARAÚJO-CASTRO, C.M.V.; COSTA, M.F.; REZENDE, C.E. Geoquímica de metais em sedimentos da zona estuarina do Complexo Industrial Porto de Suape, PE – Brasil. *Revista da Gestão Costeira Integrada*, v. 11, n. 4, p. 379-387. 2011.

MASSELINK, G.; HUGHES, M. **Introduction to coastal processes and geomorphology**. 2003.

McLANE, M. **Sedimentology**. New York: Oxford University Press, 1995. 423p.

MEYERS, P.A. Organic geochemical proxies of paleoceanography, paleolimnologic and paleoclimatic processes. **Organic Geochemistry** n. 27, p. 213-250. 1997.

MIRANDA, L.B.; CASTRO, B.M.; KJERFVE, B. **Princípios de oceanografia física de estuários**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2002. 424 p. (Coleção Acadêmica).

OLIVEIRA, T.S.; BARCELLOS, R.L.; SCHETTINI, C.A.F.; CAMARGO, P.B. Processo sedimentar atual e distribuição da matéria orgânica em um complexo estuarino tropical, Recife, PE, Brasil. **Revista da Gestão Costeira Integrada**, v. 14, n. 3, p. 399-412. 2014.

PAROPKARI, A.L.; IYER, S.D.; CHAUHAN, O.S.; BABU, C.P. Depositional environments inferred from variations of calcium carbonate, organic carbon, and sulfide sulphur: a core from southeastern Arabian Sea. **Geo-Marine Letters**, n. 11, p. 96-102. 1991.

REINECK, H.E.; SINGH, I.B. **Depositional sedimentary environments**. 2nd Edition. Berlin: Springer-Verlag, 1980. 549 p.

SANTOS, L.D.; BARCELLOS, R.L. Sedimentação atual do estuário do Rio Formoso - PE (Brasil). 1. ed. Saarbrücken, Alemanha: NEA- Novas Edições Acadêmicas, v. 1, 2017. 113 p.

SHEPARD, F.P. Nomenclature based on Sand-Silt-Clay Ratios. **Journal of Sedimentary Petrology Research**, v. 24, n. 3, p. 151-158. 1954.

SHEPARD, F.P.; MOORE, D.G. Sedimentary environments differentiated by coarse fraction analysis. **Bull. An. Assoc. Petrol. Geol.**, v. 38, n. 8, p. 1792-1802. 1954.

SIQUEIRA, B.K. **Contribuição ao processo sedimentar atual no Canal do Ararapira, sistema estuarino-lagunar de Cananéia-Iguape (SP)**. 90 f. Dissertação (Mestrado) - IOUSP, 2007.

SUGUIO, K. **Geologia sedimentar**. São Paulo: Ed Edgard Blücher, 2003. 416 p.

_____. **Introdução à sedimentologia**. São Paulo: Ed Edgard Blücher, 1973. 317 p.

WETZEL, R.G. **Limnology: lake and river ecosystems**. 3. ed. San Diego, CA: Academic Press, 2001. 1006 p.

SEÇÃO 4

MEMÓRIA

Secas no Nordeste: registros históricos das catástrofes econômicas e humanas do século 16 ao século 21

Secas no Nordeste: registros históricos das catástrofes econômicas e humanas do século 16 ao século 21

José Roberto de Lima¹, Antonio Rocha Magalhães²

Resumo

Os registros das secas no Brasil remontam aos primeiros séculos da colonização. Foi o Padre João de Azpilcueta, da Companhia de Jesus que deixou o primeiro registro conhecido, em 1553. No século 17, a ocupação colonial chegou ao interior do território nordestino e esses registros tornaram-se mais frequentes e detalhados. Esse processo trouxe à luz não somente os impactos econômicos, mas também as grandes tragédias humanas provocadas pelas estiagens no Semiárido do Nordeste. Ao longo dos séculos, as reações governamentais na implementação de políticas públicas foram lentas e descoladas das necessidades e realidades do povo sertanejo. Predominou, num primeiro momento,

Abstract

The records of drought in Brazil date back to the first centuries of colonization. It was Father João de Azpilcueta, from the Society of Jesus, in 1553, who wrote the first known record of it. In the 17th Century, with the occupation of the countryside of the Northeastern region of Brazil, these records became more frequent and detailed, bringing to light not only the economic impacts but also the great human tragedies caused by the droughts in the Semiarid Northeast. Along the centuries, government reactions to the implementation of public policies were slow and detached from the needs and reality of the people of the region. At first, the building of dams to store water, as a

1 Mestre em Engenharia de Produção pelo Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-graduação e Pesquisa de Engenharia (COPPE). No Ministério do Meio Ambiente, coordenou a elaboração do Plano de Ação Nacional de Combate à Desertificação (PAN) Brasil e foi o representante técnico brasileiro da Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação. Integrou o Grupo de Trabalho que elaborou o Atlas Mundial da Desertificação. Preside a Iniciativa Latino-americana e Caribenha de Ciência e Tecnologia para o Combate à Desertificação. É assessor técnico do Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) para a agenda sobre Nordeste e Semiárido.

2 Doutor em Economia. Ex-presidente do Comitê de Ciência e Tecnologia da Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação. Trabalhou no Banco Mundial, no Ministério do Planejamento e no Governo do Estado do Ceará, onde foi Secretário de Planejamento. Ex-professor de Economia da Universidade Federal do Ceará e de Políticas Públicas na Universidade do Texas. Atualmente, é consultor do Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE).

a construção de barragens para armazenamento de água, como uma política de reação aos eventos de seca. Posteriormente, passou-se também a desenvolver ações voltadas à assistência às populações atingidas, por meio de frentes de trabalho. Somente no fim do século 20, surgem relatos de novas ações complementares às de açudagens, voltadas ao paradigma da convivência com o Semiárido e focadas na permanência das populações no sertão, mesmo nos períodos prolongados de secas. Também evoluíram os instrumentos voltados ao monitoramento, à previsão e ao alerta precoce de secas, como o sistema do Monitor de Secas da Agência Nacional de Águas (ANA).

Palavras-chave: Secas no Brasil. Semiárido brasileiro. Políticas públicas. Histórico sobre secas.

policy of reaction to drought events, was adopted. Afterwards, actions, through work fronts, were developed to help the population affected by droughts. It was not until the end of the 20th Century that records of new complementary actions to damming were observed, aiming at the paradigm of "living with the Semi-arid", focused on the continuity of the population of the Sertão (bushland), even when going through prolonged periods of drought. The tools used for monitoring, forecasting and early alert of droughts also evolved. Such an instrument is the Drought Monitor.

Keywords: Droughts in Brazil. Brazilian Semi-arid. Public policies. History of droughts.

1. Introdução

A ocupação do território brasileiro pelos portugueses só teve início 30 anos após o descobrimento pelo navegador Pedro Álvares Cabral. Até então, as ações portuguesas se limitaram a expedições de reconhecimento e poucas feitorias voltadas a garantir a exploração do pau-brasil existente nas áreas litorâneas.

Somente diante da possibilidade de invasão das terras brasileiras por holandeses, ingleses e franceses, a coroa portuguesa enviou, em 1530, a primeira expedição visando à colonização do território. Chefiada por Martim Afonso de Souza, tinha como objetivos estabelecer núcleos de povoamento no litoral, explorar metais preciosos e proteger o Brasil de invasores.

A Região Nordeste foi a primeira do País a ser ocupada e sua costa, a primeira área a ser explorada. Os portugueses encontraram no litoral nordestino as condições ideais para o plantio da cana-de-açúcar, que era um produto de grande valor comercial na Europa. Após as experiências positivas de cultivo, já que a cana-de-açúcar se adaptou bem ao clima e ao solo, começou o plantio em larga escala. Chama a atenção o fato de os primeiros colonizadores não terem avançado

sobre as terras do interior por considerá-las semelhantes a um deserto, ou *desertão*, palavra que posteriormente ficou resumida a *sertão*.

A multiplicação dos engenhos ao longo de todo o litoral nordestino para processar o açúcar exigiu a importação de gado para o trabalho de tração. O crescimento do rebanho logo gerou um conflito pela terra entre os senhores de engenho e os pecuaristas, remediado pela coroa portuguesa, que, por meio da Carta Régia de 1701, determinou que as dez primeiras léguas, a partir da quebra do mar, estavam reservadas para a plantação de cana-de-açúcar.

Com essa decisão, os pecuaristas foram forçados a retirar o rebanho das áreas litorâneas e, conseqüentemente, seguir rumo ao sertão, colonizar o interior do Nordeste e explorar os recursos naturais, alheios às fragilidades do ambiente causadas pelos frequentes períodos de estiagens prolongadas.

Relatos de eventos de seca remontam aos idos de 1553, mas, somente a partir da intensificação do povoamento dos sertões, eles tornaram-se mais constantes e ofereceram uma melhor dimensão sobre as conseqüências das secas, descrevendo a situação dramática por que passavam as comunidades locais.

A ocupação do Semiárido pelos portugueses foi lenta até a primeira metade do século 17 e intensificou-se após esse período. O aumento da criação de gado, de modo complementar à cana-de-açúcar, deu origem à Civilização do Couro, nas palavras do historiador Capistrano de Abreu (ABREU, 1988). A partir desse marco, os registros de ocorrência de secas passaram a ser mais comuns.

Também é importante ressaltar o fato de que, muitas vezes, a ocorrência de uma seca não se alastra por todo o território Semiárido, mas apenas em partes dele. Assim, nos primeiros séculos da colonização, os relatos pontuam episódios nos locais onde o cronista mora ou por onde passou. Notícias de secas que se estenderam por partes significativas do território Semiárido, ou mesmo em toda a sua extensão, só foram identificadas a partir da metade do século 17, com o aumento da ocupação dos sertões.

Em geral, existe uma correlação entre as áreas definidas climaticamente como áridas, semiáridas e subúmidas secas e a incidência de secas, pois esses fenômenos costumam ser mais severos nesses territórios. Entretanto, é necessário compreender que o fenômeno climático da redução de pluviosidade pode ocorrer em qualquer região. No Brasil, há registros em locais úmidos, como a Amazônia, o Sul e o Sudeste. Entre 2013 e 2014, por exemplo, uma severa seca atingiu a

região metropolitana de São Paulo e causou impactos significativos, levando ao racionamento do abastecimento de água para milhões de habitantes. O Distrito Federal, por sua vez, entrou em 2017 enfrentando a maior escassez de água de seus 57 anos, o que também levou ao rodízio de abastecimento.

Contudo, no Nordeste Semiárido, os anos normais de chuva, em média, já estão muito perto da linha divisória entre seca e *inverno*, como é conhecido o período chuvoso. Assim, uma pequena queda no volume médio de precipitação já resulta na queda de produção agrícola, no desemprego e no desabastecimento de água. Grandes quedas como as observadas no período de 2010 a 2016, por sua vez, traduzem-se em secas muito severas, com impactos muito grandes e com enormes custos para a economia e a sociedade.

Este artigo busca fornecer um breve histórico dos registros sobre os períodos de secas desde o início da colonização europeia. Outros autores já fizeram essa tentativa, a exemplo de Joaquim Alves, Nilson Campos, Antonio Magalhães, Eduardo Martins, Otamar de Carvalho, Gustavo Maia Gomes, José Marengo e outros. Esses trabalhos, por um lado, precisam sempre ser atualizados, uma vez que estiagens sempre retornam e, por outro, as informações precisam ser checadas.

Há caso de secas parciais, isto é, que ocorreram em alguns estados e regiões, mas não em outros. O lugar de observação determina se aquele ano será considerado como seca ou inverno³. Este trabalho não tem pretensão de ser exaustivo ou definitivo na narrativa das secas históricas no Semiárido e de seus impactos. Pretende-se, simplesmente, oferecer mais uma contribuição ao debate e às análises dos resultados políticos, sociais e ambientais desse fenômeno climático no Nordeste brasileiro.

2. Os registros de seca desde o Brasil Colônia

Para levantar os registros das ocorrências de secas no Brasil, este trabalho visitou sites especializados e se valeu de uma vasta bibliografia, na qual existem relatos do fenômeno. Entre os trabalhos visitados, destacam-se os desenvolvidos por Euclides da Cunha, José Marengo, Antônio Magalhães, Talita Lopes Cavalcante, Natalício de Melo, Eduardo Martins, Gustavo Maia Gomes e José Nilson Campos, entre outros.

3 No Nordeste, costuma-se dividir o ano em apenas duas estações: a de inverno (janeiro a junho) e a de verão (de julho a dezembro). As chuvas ocorrem durante o “inverno”. Quando elas faltam no inverno, caracteriza-se a seca. No verão, normalmente não chove. Claro que há algumas diferenças sub-regionais, mas, grosso modo, a divisão entre inverno e verão se aplica à região inteira.

Foram levadas em conta, sobretudo, as secas meteorológicas, que podem ser medidas pelas variações no índice de precipitação, ou seja, um ano (ou período) é considerado seco quando chove menos do que a média histórica. A seca meteorológica, por sua vez, implica, ou pode implicar, em seca agrícola (redução na umidade do solo) e hidráulica (redução no escoamento e na acumulação de água).

2.1. Os registros de secas no século 16

Os registros das grandes secas no Brasil remontam aos primeiros séculos da colonização, mas são poucos e carentes de informações precisas quanto a sua abrangência espacial e aos seus impactos. A primeira ocorrência de que se tem notícia foi mencionada, em 1553, pelo Padre João de Azpilcueta, da Companhia de Jesus, que relatou dano às cabeceiras dos rios Jequitinhonha e São Francisco. A segunda foi registrada, em 1559, pelo Padre Serafim Leite, na *História da Companhia de Jesus no Brasil*, na então Província da Bahia (LEITE, 1939).

Em 1583, uma seca ficou conhecida por forçar o deslocamento de aproximadamente 5 mil índios da região dos Cariris Velhos, dos agrestes e dos sertões interiores para o litoral, em busca de alimentos, segundo o jesuíta Fernão Cardim⁴. Cronista citado por Joaquim Alves, relator da primeira notícia sobre secas na região, Cardim relatou que, entre os anos 1580 e 1583, houve uma seca tão grande em Pernambuco que as fazendas de açúcar e mandioca nada produziram e as populações portuguesas e indígenas foram duramente atingidas pela fome. Alguns autores inferem que, neste período, as autoridades coloniais começaram a cogitar a construção de barragens para reter as águas. No entanto, isso só ocorreu três séculos depois, após as secas de 1877 e 1888, com a construção do primeiro grande açude público, o Cedro, concluído somente em 1906. O padre jesuíta Fernão de Cardim fez novo registro de uma seca que teria atingido as Províncias de Pernambuco e Bahia em 1587.

Estes registros dos primeiros séculos, entretanto, não apresentam informações sobre os impactos sociais ou econômicos. Há que se destacar o fato de a Colônia ainda ser pouco habitada e a ocupação ainda estar restrita ao litoral. Somente com a interiorização da ocupação é que os relatos passaram a ser mais frequentes, principalmente porque tinham consequências para as atividades econômicas implantadas pelos novos colonizadores. Embora os registros disponíveis indiquem apenas quatro secas no século 16, é possível que tenham ocorrido outras, dadas as

4 O texto de Cardim está em um livro com notas de Caetano, Capistrano de Abreu e Rodolfo Garcia disponível em www.brasiliiana.usp.br (ABREU; GARCIA, 1956).

condições naturais do Nordeste Semiárido. Segundo Magalhães (1988), é provável que, a cada período de 100 anos, tenha ocorrido, em média, entre 18 e 20 anos de secas.

2.2. Os registros de secas no século 17

Os cronistas do século 17 deixaram uma documentação razoável sobre a ocorrência das secas e seus impactos nos estados do Ceará, da Paraíba, de Pernambuco, da Bahia e do Rio Grande do Norte. Nos relatos, documentam-se consequências como perdas humanas e rebanhos dizimados; processos migratórios, tanto de tribos indígenas quanto de colonizadores, com o abandono das fazendas; e os dramáticos conflitos gerados pelos fugitivos das secas nas áreas litorâneas, principal rota dessas migrações.

Assim, encontram-se registros de secas referentes aos anos de 1603, 1606, 1614/1615, 1645, 1652, 1692/1693, nas crônicas de Joaquim Alves, Fernão Cardim e Tomaz Pompeu, senador da República. As primeiras histórias de mortes de pessoas ocorreram com a malfadada expedição de Pero Coelho de Souza, que, em 1603, partiu da Paraíba em direção ao Ceará e Maranhão.

Enfrentando os efeitos da terrível seca que dizimou parte da sua expedição de 200 índios e 65 soldados em 1606, Pedro Coelho de Souza retornou, frustrado e sem alcançar seus objetivos. A última seca, em 1662 e 1663, reduziu a pó a produção agrária de Pernambuco, segundo Joaquim Alves (INMET, 2000) e forçou a migração da população do sertão, despovoando fazendas e provocando o abandono de currais, sendo que parte dos emigrantes se destinou às regiões das Minas Gerais (BRASIL. MAPA, 2013).

2.3. Os registros de secas no século 18

No século 18, intensificou-se a ocupação do Semiárido. Com o crescimento dos rebanhos e o início da cultura do algodão, cresceu também a população (ANDRADE, 2003). Os registros apontam secas fortes e prolongadas ao logo desse século, mas há que se levar em conta que algumas não ocorreram simultaneamente e em todos os estados, mas de forma espaçada e dispersa. Paraíba, Pernambuco, Ceará e Rio Grande do Norte foram os mais atingidos.

As primeiras narrativas indicam uma forte seca no período de 1709 a 1711, mas a ocorrida entre 1720 e 1727 tem sido considerada a maior de que se tem notícia. Esse episódio secou rios; esterilizou lavouras; provocou extinção de tribos indígenas inteiras em razão da fome e da peste que assolaram a região; e causou a morte da maior parte do rebanho, das aves e dos animais

silvestres. Essa foi uma das primeiras grandes estiagens que atingiu fortemente a Capitania de Pernambuco. Grupos indígenas invadiram fazendas e a varíola causou enorme mortalidade nas populações mais frágeis, especialmente nos escravos.

Também foram registradas secas nos anos e períodos de 1730, 1732, 1734 a 1737, 1744 a 1748, 1751, 1754, 1760, 1766, 1771 a 1772. A seca de 1776 a 1778 reduziu a 1/8 o gado na então capitania do Ceará (DNOCS, 1982). Esta foi uma das secas mais impactantes, porque coincidiu com um surto de varíola que elevou o índice de mortalidade e fez com que a Coroa Portuguesa determinasse a repartição das terras adjacentes aos rios e a transferência da população para essas áreas (site *OpenBrasil.org*).

O ano de 1784 também foi seco. Por sua vez, o período de 1790 a 1794 promoveu uma destruição significativa no rebanho bovino no Ceará e Rio Grande do Norte, a ponto de causar a transferência da indústria do charque, então florescente no Ceará, para o Rio Grande do Sul.

2.4. Os registros de secas no século 19

No século 19 há registros de secas nos seguintes anos e períodos:

- a. 1803 a 1804;
- b. 1808 a 1810, que quase levou à extinção do gado no sertão do Ceará;
- c. 1816 a 1817;
- d. 1824 a 1825;
- e. 1827;
- f. 1830 a 1833;
- g. 1835 a 1837, que castigou os estados do Piauí, Rio Grande do Norte, da Paraíba e do Ceará, deixando um quadro de morte e miséria e provocando grandes migrações para outros estados do Brasil – há relatos de que muitas pessoas morreram durante a emigração;
- h. 1842; e
- i. 1844 a 1847.

De 1848 a 1876, foram observadas algumas secas, mas relativamente sem grandes problemas. A exceção foi 1870, ano em que se registrou alguma escassez. Esse período foi marcado por uma curiosa tentativa do Governo Imperial em minimizar o sofrimento dos sertanejos com as secas.

Em 1859, o governo importou 14 camelos, que desembarcaram no porto de Fortaleza (CE), para que procriassem e fossem distribuídos às populações para facilitar o transporte de pessoas e mercadorias pela Caatinga. A falta de adaptação dos animais ao solo duro e pedregoso do sertão, porém, fez com que a ideia fracassasse. Essa sugestão foi apresentada pela Comissão Científica designada pelo Imperador Pedro II para visitar o Nordeste, coletar observações científicas e propor soluções (BRAGA, 1962).

A chamada *Seca Grande*, ocorrida entre 1877 e 1879, matou milhares de pessoas de fome no estado do Ceará, segundo o naturalista americano Herbert Smith, que visitou o estado em 1878 (SMITH, 1879). Estima-se que esta tragédia ceifou a vida de mais da metade dos mais de 1,75 milhão de residentes na área atingida (MELO, 2016). As mortes teriam sido causadas por sede, fome, doenças, envenenamento e um surto de varíola.

A Grande Seca provocou enorme êxodo de 68 mil nordestinos para outros estados e mais 120 mil para a Região Amazônica (MELO, 2016). Houve também grandes impactos na flora e fauna da região, que praticamente desapareceram.

No litoral do Nordeste, para onde as vítimas da seca se dirigiam, as cidades, em sua maior parte, sofreram com as constantes chegadas de enormes contingentes de retirantes fugindo da sede, da fome e das pestes. O Ceará foi um dos mais atingidos. Estima-se que o estado perdeu mais de um terço da sua população de maneira trágica e suas maiores cidades foram invadidas por enormes massas de flagelados.

Fortaleza, por exemplo, pulou de 21 mil para 130 mil habitantes no período de poucos meses, segundo o censo de 1872 (MELO, 2016). A miséria extrema dos retirantes que chegavam às cidades provocava conflitos com os moradores locais, em razão do grande fluxo de migrantes perambulando pelas ruas e dos constantes furtos no comércio e nos armazéns. Alguns autores acreditam que esta foi a maior catástrofe gerada por fenômenos naturais de que se tem notícia no Brasil.

O Imperador D. Pedro II visitou a área atingida pela Grande Seca em 1880. Diante do que viu e dos relatos que lhe fizeram, prometeu que empenharia até a última joia da coroa para que nenhum nordestino morresse de fome durante a seca. O Imperador nomeou e enviou à região uma comissão de engenheiros para indicar soluções para o problema das secas. As principais recomendações foram a construção de estradas de ferro para que a população pudesse chegar

ao litoral e a construção de sistemas de armazenamento de água para suprimento e irrigação no Nordeste seco. Muitas dessas recomendações foram cumpridas. Nas décadas seguintes, foram construídos açudes, estradas de ferro e estradas de rodagem.

A primeira grande obra de combate à seca realizada pelo Governo Imperial como resposta à Grande Seca foi a construção do Açude do Cedro, no Ceará, iniciada em 1884 e concluída somente em 1906, já no governo republicano. O Cedro marcou o início do planejamento e da implementação de grandes barragens no Brasil.

Outra questão importante que resultou da comoção provocada pelos impactos sociais, ambientais e econômicos da Grande Seca (1877-1879) foi a inserção dos problemas relacionados às estiagens e ao desenvolvimento dos estados que hoje compõem o Nordeste nos debates do Instituto Politécnico, situado na Corte, sob o comando do Conde D'Eu.

Dez anos depois, nos anos de 1888 e 1889, outra grande seca trouxe drásticas consequências sociais e econômicas para toda a região semiárida do Brasil. Os anos de 1891 e 1892; e 1898 também registraram fortes secas.

2.5. Os registros de secas no século 20

No século 20, houve significativa melhora nos registros das secas e, conseqüentemente, mais e melhores informações a respeito de seus impactos econômicos e sociais. Esse século se caracterizou pela instalação de uma política voltada à edificação de uma infraestrutura hídrica, basicamente direcionada à construção de barragens para armazenamento de água. Os registros dão conta da ocorrência de secas já em 1900, 1903-1904, 1907 e 1909-1910, quando foi criada a Inspetoria de Obras Contra as Secas (IOCS, 1909).

Os registros da seca de 1914-1915 relatam que, diante do grande número de flagelados fugindo das condições ambientais, o governo cearense criou o primeiro campo de concentração, que consistia em uma área demarcada por arames farpados e vigiada 24 horas por dia por soldados para confinar os retirantes. Este primeiro campo de concentração foi erguido na região alagadiça do atual bairro de Otávio Bonfim, em Fortaleza, e confinou aproximadamente 8 mil pessoas com alimentação e água controladas e vigiadas pelos soldados do Exército (QUEIROZ, 1998). Naquele mesmo ano de 1915, após incentivos para que os retirantes migrassem para a Amazônia, o curral humano foi desativado (THEOPHILO, 1922).



Imagem 1. Notícia sobre o Campo de Concentração dos Flagelados, publicada no Jornal O POVO, em 16/04/1932

Fonte: (CAVALCANTE, 2018).

A seca de 1917 foi seguida por outra, muito forte, no período de 1919 a 1922, mais intensa no sertão de Pernambuco e que provocou migração para o litoral nordestino e para várias outras regiões do País. A novidade desse período foi o papel desempenhado pela imprensa, que pressionou o governo na busca de soluções voltadas a minimizar o drama das famílias afetadas.

A repercussão do drama enfrentado pelos nordestinos junto à opinião pública levou o governo federal, então chefiado por um nordestino, o presidente Epitácio Pessoa, a criar, em 1920, a Caixa Especial de Obras de Irrigação de Terras Cultiváveis do Nordeste Brasileiro, mantida com 2% da receita tributária anual da União. O amplo programa de obras hidráulicas no Nordeste foi descontinuado no governo seguinte, com inúmeras obras inacabadas.

Entre 1930 e 1932, uma seca muito intensa fez com que, mais uma vez, milhares de pessoas migrassem para os grandes centros urbanos. Novamente, a solução foi a criação e ampliação dos campos de concentração para evitar que os flagelados fossem para as cidades e para controlar a ação de assistência do governo. Áreas cercadas por arames farpados foram criadas em Senador Pompeu, Ipu, Quixeramobim, Cariús, Crato (ou Buriti, por onde passaram mais de 65 mil pessoas),

além do já conhecido Campo de Concentração de Otávio Bonfim, os maiores currais humanos instalados no Brasil para conter a massa castigada pela seca.

Enormes contingentes de seres humanos, com cabeças raspadas, numeradas e com comida escassa eram vigiadas diuturnamente por soldados armados (CAVALCANTE, 2018).



Imagem 2. Vítimas da seca. Crianças a adultos jazem ao lado da linha férrea que levava para o Campo de Concentração de Senador Pompeu

Fonte: (CAVALCANTE, 2018).

No período de 1934 a 1937, a seca não ficou restrita ao Nordeste, mas afetou, além dos nove estados da região, partes de Minas Gerais e São Paulo. Foi a partir desse período que o a seca no sertão nordestino passou a ser encarada como um problema nacional (REVISTA SUPERINTERESSANTE, 2014).

As secas de 1942, 1945 e de 1951 a 1953 (DNOCS, 1982) também foram de grandes proporções. A estiagem registrada em 1958 atingiu mais intensamente os estados do Ceará, do Rio Grande do Norte, da Paraíba e do Piauí, causando prejuízos de aproximadamente 10 bilhões de cruzeiros, o que equivalia a US\$ 132 milhões, em valores de 1957 (DUARTE, 2002). O presidente Juscelino Kubitschek passou três dias no interior do Ceará, com os objetivos de avaliar a gravidade da situação e visitar as obras do açude de Araras.

A seca do período 1962 a 1964 (DNOCS, 1982) foi gravíssima na Região Nordeste, enquanto uma onda muito forte de calor atingiu vários estados do País que não tinham tradição de seca, como São Paulo, Rio de Janeiro e Pará, além do Distrito Federal, que também sofreram com a falta de chuvas.

No ano de 1966, também foi registrada a ocorrência de seca. Em 1970, quando a falta de chuvas atingiu aproximadamente 8 milhões de pessoas (DUARTE, 2002), foram organizadas frentes de serviços que atenderam a mais de 500 mil cidadãos (SUDENE, 1979), o que custou cerca de US\$ 500 milhões aos cofres públicos (a preços de 1972). No ano de 1976, também foi registrada uma seca suave.

O período de 1979 a 1983 (INMET, 2000) registrou uma das mais prolongadas secas da história do Nordeste, deixando um rastro de miséria e fome, lavouras inteiras perdidas e animais mortos. Uma população faminta e desesperada conduziu saques a feiras e armazéns.

Segundo o Centro de Estudos e Pesquisas em Engenharia e Defesa Civil (Ceped) da Universidade Federal de São Carlos (UFSC), estima-se que, no período, 3,5 milhões de pessoas, em sua maioria crianças, tenham morrido em razão da desnutrição, de doenças e maus tratos. O governo organizou ações emergenciais com o emprego de 3,1 milhões de pessoas nas chamadas Frentes Emergenciais de Trabalho (MAGALHAES; GLANTZ, 1992). A conhecida “Seca Verde”, do período 1999, assim nominada porque a chuva faltou antes da maturação da colheita, provocou desemprego massivo e grandes perdas econômicas para toda a Região Nordeste.

Os anos de seca possíveis de levantamento por meio do presente trabalho, referentes ao período que vem desde o século 16 até os dias atuais, são mostrados na Tabela 1.

Tabela 1. Anos de secas registrados no Brasil nos séculos 16, 17, 18, 19, 20 e 21

Século 16	Século 17	Século 18	Século 19	Século 20	Século 21
1553	1603	1709-11	1803-04	1900	2001-02
1559	1606	1720-27	1808-10	1903-04	2005
1583	1614-15	1730	1816-17	1907	2007-08
1587	1645	1732	1824-25	1909-10	2010
	1652	1734-37	1827	1914-15	2012-17
	1692-93	1744-48	1830-33	1917	
		1751	1835-37	1919	
		1754	1842	1921-22	
		1760	1844-47	1930	
		1766	1877-79	1932-37	
		1771-72	1888-89	1941-45	
		1776-78	1891	1951-54	
		1782-84	1898	1958-59	
		1790-94		1962-64	
				1966	
				1970	
				1976	
				1979-83 ⁵	
				1986-87	
				1992-1993	
				1997-1999	

Fontes: Magalhães et al. (1988); Marengo et al. (2017); Melo (2016); DNOCS et al. (1985).

As informações contidas no item anterior e na Tabela 1 são sintetizadas no Gráfico 1.

5 Estudos do Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet) indicam secas parciais em algumas áreas do semiárido.

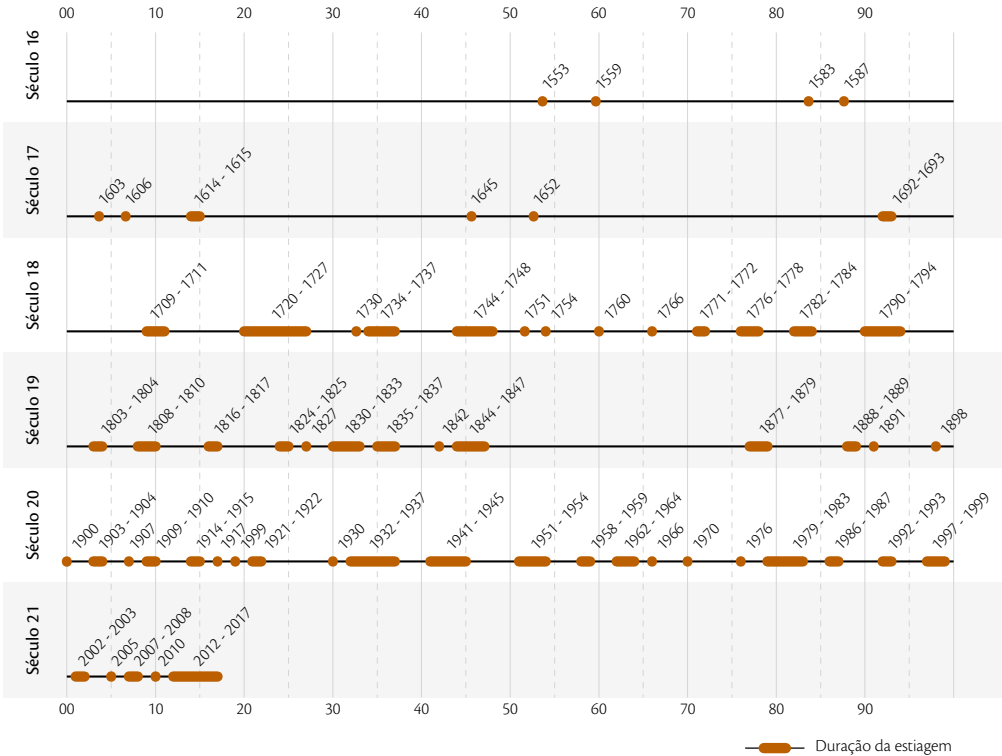


Gráfico 1. Linha de tempo das secas no Nordeste: as secas ao longo da história no Nordeste

2.6. Os registros de secas no século 21

O início do século 21 foi marcado pelo prolongamento do período de seca do final da década de 1990. Houve uma breve trégua em 2000, mas a estiagem se intensificou no período de 2001 a 2002 e causou grandes impactos na agricultura, principalmente nos perímetros irrigados ao longo do rio São Francisco, que registrou uma diminuição drástica do volume de águas. Isso afetou, inclusive, a produção energética da Região Nordeste.

A seca dos anos 2007 e 2008 afetou mais fortemente o norte do estado de Minas Gerais, que registrou uma estiagem de 15 meses. Durante o período, foram registrados quase 54 mil focos de incêndio e mais de 190 mil mortes de cabeças de gado. Centenas de municípios decretaram estado de emergência.

2.6.1. Os impactos da seca de 2010 a 2016 no Nordeste

Uma nova seca, que teve início em 2010 e se estendeu até o começo de 2017 (com exceção do ano de 2011), não provocou grande processo migratório como aqueles registrados anteriormente, mas afetou a economia de 1.794 municípios e provocou a morte de aproximadamente 10 milhões de cabeças de gado. Nessa estiagem, também foram registradas perdas de lavouras nos nove estados nordestinos, no norte de Minas Gerais e em parte do estado do Espírito Santo (CGEE, 2017).

Com vistas a organizar um registro sobre os impactos e as políticas públicas para mitigar os efeitos da estiagem nesse período, o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) e a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (Funceme) promoveram dois seminários nacionais para discutir as consequências da seca observadas em cada estado do Nordeste, assim como na região de um modo geral.

O primeiro seminário foi realizado em outubro de 2013, na sede da Federação das Indústrias do Estado do Ceará (Fiec), em Fortaleza, para tratar sobre os efeitos da seca em 2010 e em 2012. O segundo, em novembro e dezembro de 2016, ofereceu espaço para exposições e debates sobre os impactos da seca durante todo o período de 2010 a 2016. Este último evento foi sediado no Centro de Treinamento do Banco do Nordeste do Brasil, também em Fortaleza.

Além desses eventos, o CGEE publicou vários trabalhos sobre a seca (e suas implicações até o ano de 2015), no número 41 da revista *Parcerias Estratégicas*, volume 20, datada de dezembro de 2015. Um dos trabalhos publicados trata das dimensões climáticas da seca e dos seus impactos (MARTINS; MAGALHÃES, 2015).

O artigo de Martins e Magalhães (2015) menciona os impactos econômicos, sociais e ambientais da grande seca que então assolava o Nordeste. Os autores realizaram viagens pelo sertão do Ceará para observar, *in loco*, as condições climáticas e seus impactos. Além disso, os pesquisadores coletaram dados e informações, de instituições que atuam na região, a respeito de variabilidade climática e de impactos sobre o abastecimento de água, a produção agrícola e pecuária, inclusive a apicultura.

O seminário sobre o período 2010 a 2016 resultou na publicação do número 44 da revista *Parcerias Estratégicas*, de junho de 2017, que mostrou que a seca que assolou o Nordeste neste período foi a mais grave desde que se iniciou o registro regular da pluviosidade na região. Foram poucos os registros de ocorrência de um período tão prolongado de seca, conforme se pode observar na linha de tempo do Gráfico 1 e na Tabela 1.

Em condições normais, os açudes existentes no Nordeste, construídos pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (Dnocs) e, mais recentemente, pelos estados, nos últimos 120 anos, deveriam ser suficientes para assegurar o abastecimento de água para as populações residentes no interior, inclusive nas cidades. No entanto, durante essa grande seca plurianual, tanto os pequenos quanto os grandes reservatórios sofreram um grande abalo. No final de 2017, 62% dos depósitos de água do Semiárido – incluído o Nordeste e norte de Minas Gerais – se encontravam com índices abaixo de 10% do volume e muitos estavam completamente secos. Essa situação levou dezenas de cidades ao colapso, forçando o abastecimento por carros-pipas.

A seca também afetou a biodiversidade, embora não haja coleta regular de informações sobre o tema. Martins e Magalhães (2015) também mostram que o abastecimento de água para as cidades ficou muito comprometido. Da mesma forma, a população dispersa no meio rural foi afetada de maneira muito pesada.

Os impactos sobre a produção agrícola foram acentuados, como demonstram os vários artigos sobre os estados. Faltou água para os animais selvagens e umidade para a vegetação. Não apenas as produções tradicionais, como a produção de milho, feijão e mandioca, foram afetadas, mas também outras atividades, como a apicultura e a cultura de caju.

3. Necessidade de políticas proativas de secas

Os vários registros sobre a ocorrência de secas ao longo dos séculos permitem perceber o enorme impacto negativo que a ausência de políticas públicas eficazes pode causar às populações mais vulneráveis. Desde a época do Império, as medidas voltadas a resolver ou minimizar os impactos da estiagem prolongada nas populações do Semiárido nordestino seguiram a lógica do combate aos efeitos da seca, por meio de ações emergenciais durante os períodos de ausência de chuva.

Ao longo da história, foram realizadas ações reativas e imediatistas, voltadas a minimizar os efeitos sociais das secas. A primeira tentativa restringiu-se à construção de grandes infraestruturas voltadas ao armazenamento de água (açudes). Numa fase posterior, empregou-se uma política de transferência dos refugiados das secas para outras regiões, como a Amazônia. O Estado brasileiro chegou ao ponto de executar políticas de confinamento das populações refugiadas em campos de concentração, como ocorreu no estado do Ceará durante as secas de 1915 e 1932.

A seca mais recente, do período 2010 a 2016, mostra uma evolução. Mesmo diante de relatos sobre a morte de rebanhos e perda de lavouras, as populações permaneceram no Semiárido em

razão da existência de políticas sociais (como os programas Bolsa Família e Garantia-safrá; e a aposentadoria do trabalhador rural, etc.) e do acesso à água.

A maioria dos reservatórios atingiu o colapso (os pequenos açudes secaram e os grandes chegaram ao volume morto), mas o abastecimento foi garantido por programas como: a Operação Carro-pipa, cujo objetivo é distribuir água às populações dispersas no território; o Programa Um Milhão de Cisternas (P1MC), direcionado à construção de cisternas rurais; e Água Doce, voltado a dessalinizar água salobra encontrada no subsolo do Semiárido (CGEE, 2017).

Outra política importante para minimizar os efeitos dessa seca foi a transferência de águas entre bacias, como relatado nos artigos dos estados de Alagoas e Sergipe da revista *Parcerias Estratégicas* número 44 (CGEE, 2017).

Os instrumentos voltados ao monitoramento, à previsão e ao alerta precoce de secas também evoluíram. Um exemplo é o sistema do Monitor de Secas, coordenado pela Agência Nacional de Águas (ANA), que conta com a participação de todos os estados nordestinos.

Entretanto, é necessário ampliar esforços e diretrizes para estabelecer uma política proativa de combate aos efeitos das secas. Mesmo com a existência do monitor da ANA, ainda não há uma política preventiva – à parte da construção de infraestrutura hídrica acima mencionada – capaz de promover uma articulação maior entre as instituições federais e estaduais para o enfrentamento das secas de forma proativa.

As diretrizes para uma política com esse perfil foram delineadas a partir da realização, em 2013, de Reunião de Alto Nível sobre Políticas Nacionais de Secas (em inglês *High-Level Meeting on National Drought Policies*). Essa reunião ocorreu em Genebra e contou com ativa participação do Brasil, sob a coordenação do então Ministério da Integração Nacional. A todos os países-membros da Organização Meteorológica Mundial (OMM), recomendou-se o desenvolvimento de políticas nacionais de secas.

No Brasil, foi publicado o livro *Secas no Brasil: política e gestão proativas*, resultado de cooperação entre o Banco Mundial e o CGEE (DENYS *et al.*, 2016).

Uma política proativa de secas deveria ser permanente e baseada em três pilares principais: i) monitoramento, previsão e alerta precoce; ii) estudos de risco, vulnerabilidade e impactos de secas; e iii) políticas e programas de mitigação e de respostas às secas (UNCCD; FAO; WMO: White Paper on National Drought Policies, Bonn, 2018).

Referências

ABREU, J.C. de. **Capítulos de História Colonial**. Belo Horizonte: Itatiaia, 1988.

ABREU, J.C. de; GARCIA, R. **Diálogos das grandezas do Brasil**. Rio de Janeiro: Progresso, 1956.

ALVES, J. **História das secas (séculos XVII a XIX)**, Edição Fac-Similar 1953. Fortaleza: Fundação Waldemar de Alcântara, 2003.

Andrade M C de (2003) Formação territorial e econômica do Brasil. Fundação Joaquim Nabuco- Editora Massangana, Recife.

ANDRADE, F.A.D. O secular problema das secas do Nordeste brasileiro. **Boletim Cearense de Agronomia**, 1970.

ANDRADE, M.C. **A terra e o homem do Nordeste**. Recife: Editora Universitária UFPE, 1998.

BARROSO, G. **À margem da história do Ceará**. Fortaleza: Funcet, 2004.

BLOG DO GMAIA. **A colonização do Nordeste brasileiro e os sertões**. 2012. Disponível em: <http://www.blogdogemaia.com/detalhes.php?not=788>.

BRAGA, R. **História da Comissão Científica de Exploração**. Fortaleza, Imprensa Universitária do Ceará, 1962.

BRAGA, R. **História da Comissão Científica de Exploração**. Fortaleza: BNB, 1962. 507 p. Disponível em: http://www.colecaomossoroense.org.br/acervo/historia_dacomissao_cientifica_de_exploracao.pdf.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. **Informativo sobre estiagem no Nordeste** n. 30, Brasília: Departamento de Economia Agrícola, Coordenação-Geral de Estudos e Informações Agropecuárias, 2013.

_____. Ministério das Minas e Energia - MMA. **Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca – PAN** - Brasil. Brasília: 2004.

_____. Ministério da Viação e Obras Públicas. **Decreto n. 7.619, de 21 de outubro de 1909**. Criação da Inspetoria de Obras contra as Secas (IOCS). Disponível em: <https://cpdoc.fgv.br/sites/default/files/verbetes/primeira-republica/INSPETORIA%20FEDERAL%20DE%20OBRAS%20CONTRA%20AS%20SECAS.pdf>.

CAMPOS, J.N.B. A evolução das políticas públicas no Nordeste. In: MAGALHÃES, A.R. **A questão da água no Nordeste**. Brasília: CGEE, 2012. p.261-87.

_____. Secas e políticas públicas no semiárido: ideias, pensadores e períodos. **Estudos Avançados**. v.28, n. 82. 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142014000300005>

CAMPOS, J.N.B.; STUDART, T.M.C. Drought and water policies in Northeast Brazil: backgrounds and rationale. **Water Policy**, v.10, p.425-38, 2008.

CAPANEMA, G. Apontamentos sobre as secas no Ceará. In: ROSADO, V.-U. **Sétimo livro das secas**. Mossoró: Fundação Guimarães Duque, 1983. p. 64-5. Disponível em: http://www.colecaomossoroense.org.br/acervo/setimo_livro_das_secas.pdf.

CARDIM, F. **Tratados da terra e gente do Brasil**. Rio de Janeiro: J. Leite & Cia, 1925. Texto com nota de Batista Caetano, Capistrano de Abreu e Rodolfo Garcia. Disponível em: <http://www.brasiliana.usp.br/bbd/handle/1918/02119000>.

CARVALHO, O.D. **A economia política do Nordeste: secas, irrigação e desenvolvimento**. Rio de Janeiro: Campos, 1988. 505 p.

CAVALCANTE, T.L. **A grande seca do Nordeste**. Disponível em: <http://www.museudeimagens.com.br/grande-seca-do-nordeste/>. Publicado em 18 de julho de 2014. Atualizado em 22 de maio de 2018.

CEPÊDA, V.A. Inclusão, democracia e novo-desenvolvimento - um balanço histórico. **Estudos Avançados**, São Paulo, v.26, n.75, maio/ago. 2012.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS - CGEE. **Revista Parcerias Estratégicas**. v. 16, n. 16, 2011.

_____. **Revista Parcerias Estratégicas**. v. 20, n. 41, 2014.

_____. **Revista Parcerias Estratégicas**. v. 22, n. 44, 2017.

CIRILO, J.A. Políticas públicas de recursos hídricos para o semiárido. **Estudos Avançados**, São Paulo, v.22, n.63, 2008.

CUNHA, E. da. **Os sertões**. São Paulo: Três. 1984. (Biblioteca do Estudante). Disponível em: <http://www.dominiopublico.gov.br/download/texto/bv000091.pdf>.

DE NYS, E.; ENGLE, N.L., MAGALHÃES, A.R. **Secas no Brasil: política e gestão proativas**. CGEE-Banco Mundial. Brasília, 2016.

DISNEY, W.; TEIXEIRA, F.J.C. A questão ambiental e a qualidade de águas nas bacias hidrográficas do Nordeste. In: MAGALHÃES, A.R. **A questão da água no Nordeste**. Brasília: CGEE, 2012. p.217-44.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SECAS - DNOCS. **Boletim Técnico**. v. 38, n. 2, 1980.

_____. **Boletim Técnico**. v. 43, n. 2, 1985.

_____. **Boletim Técnico.** v. 45, n. 1/2, 1987.

_____. **Dams in the Northeast of Brazil.** Fortaleza, 1982.

DUARTE, R. (org.). **A seca de 1958:** uma avaliação pelo ETENE. Fortaleza/Recife: Ed. BNB/FJN, 2002. (Série Estudos sobre as secas no Nordeste, v. 1).

_____. **A seca de 1979-1980:** uma avaliação da Fundação Joaquim Nabuco. Fortaleza/Recife: Ed. BNB/FJN, 2002. (Série Estudos sobre as secas no Nordeste, v. 3).

_____. **A seca de 1993:** crônica de um flagelo anunciado. Fortaleza/Recife: Ed. BNB/FJN, 2002. (Série Estudos sobre as secas no Nordeste, v. 4).

_____. **Bibliografia sobre as secas no Nordeste.** Fortaleza/Recife: Ed. BNB/FJN, 2002. (Série Estudos sobre as secas no Nordeste, v. 7).

_____. **Caráter e efeitos da seca nordestina de 1970.** Fortaleza/Recife: Ed. BNB/FJN, 2002. (Série Estudos sobre as secas no Nordeste, v. 2).

_____. **Do desastre natural à calamidade pública:** a seca de 1998-1999. Fortaleza/Recife: Ed. BNB/FJN, 2002. (Série Estudos sobre as secas no Nordeste, v. 5).

FURTADO, C. **A operação Nordeste.** Rio de Janeiro: Instituto Superior de Estudos Brasileiro, 1959. 39p. (Discursos de Celso Furtado no ISEB).

_____. **Seca e poder:** Entrevista com Celso Furtado. São Paulo: Editora Fundação Perseu Abramo, 1998.

GABLAGLIA, G.R. A questão das secas na Província do Ceará. In: ROSADO, V.-E.-U. **Sexto livro das secas.** Mossoró: Mossoroense, 1985. Trabalho original publicado na Tipografia do Correio Mercantil em 1861, Rio de Janeiro. Disponível em: [http://www.colecaomossoroense.org.br/acervo/sexta_Livro_das_secas.pdf](http://www.colecaomossoroense.org.br/acervo/sexta/Livro_das_secas.pdf).

GOMES, G.M. **Velhas secas em novos sertões.** Brasília: IPEA, 2001

GUERRA, P.de B. **A civilização da seca.** Fortaleza: DNOCS, 1981. 324 p.

_____. **A civilização da seca.** O Nordeste é uma história mal contada. Brasília: DNOCS, 1981. p. 36. Disponível em: <https://archive.org/stream/civilizseca1981guerra#page/36/mode/2up>.

HISTÓRIADOBRASIL.NET. **Colonização do Brasil:** resumo, história, características. Disponível em: https://www.historiadobrasil.net/resumos/colonizacao_brasil.htm.

_____. **História da ocupação do interior do Nordeste do Brasil.** Disponível em: https://www.historiadobrasil.net/resumos/ocupacao_nordeste.htm.

LEAL, V.B. **A colonização portuguesa no Brasil:** o povoamento. Ed. Fac-similer. Fortaleza. 2007.

LEITE, S. Capítulo II: Fundação da lingüística nacional. In: **História da Companhia de Jesus no Brasil**, Tomo II (Século XVI -- A Obra), Rio de Janeiro: Civilização Brasileira. p. 545-568. 1939. Disponível em: <http://biblio.etnolinguistica.org/leite_1939_historia>.

LISBOA, M.A. O problema das secas. In: DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SECAS - DNOCS. **Dnocs: pensamentos e diretrizes**. Fortaleza: DNOCS, 1984. p. 11-28.

MAGALHÃES, A. et al. The effects of climate variations on agriculture in Northeast Brazil. In: PARRY, M.; CARTER, T.; KONIJN, N. (eds) **The Impact of Climate Variations on Agriculture**. v. 2. Assessments in Semiarid Regions. Amsterdam: Kluwer Academic Publishers, 1988. p. 277-304.

MAGALHÃES, A.R. (org). **Respostas governamentais às secas: a experiência de 1987 no Nordeste**. Fortaleza: Imprensa Oficial do Ceará, 1991.

MAGALHÃES, A.R.; GLANTZ, M. **Socioeconomic impacts of climate variations and policy responses in Brazil**. Brasília, DF: Fundação Eequel do Brasil, 1992. 155 p.

MARENGO, J.A.; ALVES, L.; AVALA, R.; BRITO, S.; MORAES, O. Climatic characteristics of the 2010-2016 drought in the semiarid Northeast Brazil region. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**. São Paulo 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/0001-3765201720170206>. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0001-37652017005019115.

MARKHAM, C.G. **Aspectos climatológicos da seca no Brasil-Nordeste**. Recife: Sudene, 1972.

MARTINS, E.S.P.R.M.; MAGALHÃES, A.R. A Seca de 2012-2015 no Nordeste e seus impactos. **Revista Parcerias Estratégicas**, v. 20, n. 41. Brasília, CGEE, dez. 2015.

MEDEIROS, V.D. A seca nas províncias do Norte 1877. In: ROSADO, V.-E.-U. **O sexto livro das secas**. Mossoró: Mossoroense, 1985. p. 107. Disponível em: http://www.colecaomossoroense.org.br/acervo/sexta_Livro_das_secas.pdf.

MELLO, F.M. **A História das Barragens no Brasil**, séculos XIX, XX e XXI: cinquenta anos do Comitê Brasileiro de Barragens. Rio de Janeiro: CBDB, 2011. 524 p.

MELO, N. R. de. **Todas as 130 secas registradas no espaço geográfico do semiárido do Nordeste do Brasil**. Disponível em: <http://natalgeo.blogspot.com.br/2016/02/todas-as-128-secas-registradas-no.html>. Publicado em 22 de setembro de 2016.

QUEIROZ, R. **O Quinze**. Rio de Janeiro: José Olympio, 1998.

REVISTA SUPERINTERESSANTE. Os 10 maiores períodos de seca no Brasil. Super 19 ago. 2014. Disponível em: <https://super.abril.com.br/blog/superlistas/os-10-maiores-periodos-de-seca-no-brasil/>.

ROHAN, H. Considerações acerca dos melhoramentos de que, em relação às secas, são suscetíveis as províncias do Norte. Rio de Janeiro 1877. In: ROSADO, V.-E.-U. **O sexto livro das secas**. Mossoró: Mossoroense, 1985. p.89-106. Disponível em: http://www.colecaomossoroense.org.br/acervo/sexta_Livro_das_secas.pdf.

SMITH, H. **Brazil: The Amazon and the Coast** Nova York: [s. n.], 1879.

SOUSA, J.W.D.F. **Política e seca no Ceará: um projeto de desenvolvimento para o Norte (1869-1905)**. 2009. 235 f. Tese (Doutorado em História Econômica) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2009.

SUAPESQUISA.COM. **Euclides da Cunha**; vida e obras. Disponível em: <https://www.suapesquisa.com/pesquisa/euclidesdacunha.htm>.

SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE - SUDENE. **As Secas do Nordeste**. Recife. 1970.

_____. **Aspectos do quadro social do Nordeste**. Recife. 1985.

TEÓFILO, R. **A Fome: scena da secca do Ceará**. Fortaleza: Imprensa Inglesa. 1922.

_____. **A Seca de 1915**. Fortaleza: Edições UFC, 1980.

UNITED NATIONS CONVENTION TO COMBAT DESERTIFICATION; Food Agricultural Organization; World Meteorological Organization. **Towards National drought policies in Latin America and the Caribbean Region**: White Paper on National Drought Policies. Bonn: UNCCD; FAO; WMO, 2018. 45 p. Disponível em: https://www.unccd.int/sites/default/files/relevant-links/2018-04/LAC_drought_white_paper_o.pdf.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA – UFSC. CEPED> **1583/2012: histórico de secas no Nordeste do Brasil**. 2015. Disponível em: <http://www.ceped.ufsc.br/historico-de-secas-no-nordeste-do-brasil/>.



O CGEE, consciente das questões ambientais e sociais, utiliza papéis com certificação (Forest Stewardship Council®) na impressão deste material. A certificação FSC® garante que a matéria-prima é proveniente de florestas manejadas de forma ecologicamente correta, socialmente justa e economicamente viável, e outras fontes controladas.
Impresso na Gráfica Coronário - Certificada na Cadeia de Custódia - FSC



Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
Ciência, Tecnologia e Inovação



Acesse www.cgee.org.br e
siga-nos no Twitter @CGEE_oficial

ISSN 1413-9375