

COMPUTAÇÃO ESTOCÁSTICA - IMPORTÂNCIA NO CAMPO CIENTÍFICO-TECNOLÓGICO E POTENCIAL INOVATIVO

Resumo— A computação estocástica vista inicialmente como ferramenta na solução de problemas matemáticos de difíceis resoluções, expandiu-se rapidamente para as demais áreas, influenciando em processos tais como de osciladores estocásticos. A presente pesquisa propõe a sua implementação e utilização como mecanismo inovador no mercado tecnológico. Tendo em vista seus impactos a pesquisa é de suma importância, pois reforça estudos anteriores e pesquisas recentes sobre a velocidade no processamento de dados computacionais e de robôs, por exemplo. Diante desse cenário, os resultados obtidos evidenciam a importância da realização de novos estudos a respeito da computação estocástica, uma vez que, mercadologicamente possui uma aderência até o momento, médio-baixa.

Palavras-chave—Computação, Estocástica, Inovação, Tríplex Hélice, Tecnológico.

Abstract—Stochastic computing, initially seen as a tool in solving difficult-to-solve mathematical problems, quickly expanded to other areas, influencing processes such as stochastic oscillators. This research proposes its implementation and use as an innovative mechanism in the technological market. Given its impacts, research is of paramount importance, as it reinforces previous studies and recent research on speed in the processing of computational and robot data, for example. Given this scenario, the results show the importance of conducting new studies on stochastic computing, since it has a medium-low adherence so far.

Keywords—Computing, Stochastic, Innovation, Triple Helix, Technological.

1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho tem o objetivo de discutir sobre a trajetória da computação estocástica aos negócios tecnológicos, e seus possíveis impactos no mercado. Demonstrou-se quais foram as necessidades que levaram ao surgimento da tecnologia, as suas principais funções e os seus prós e contras. Exemplificamos algumas aplicações da tecnologia, e algumas empresas que a usam. Além disso, seguimos abordando a pesquisa direcionada às perspectivas de Negócios do Campo Científico Tecnológico da Computação Estocástica. O objetivo deste trabalho é realizar um diagnóstico do campo Científico Tecnológico da Computação Estocástica, nos ambientes da Tríplex Hélice, para avaliar suas perspectivas mercadológicas. Especificamente, do nível de aderência mercadológica da pesquisa científica da Computação Estocástica na UFRN, sobre algumas possíveis estratégias para transformá-la em negócios tecnológicos. Este artigo relata a proposta iniciada na década de 1960, como uma alternativa de baixo custo para a computação binária convencional (ARMIN ALAGHI E JOHN P. HAYES). Além de mostrar como é promissora em várias aplicações como tradicionalmente se concentra em certas tarefas de aprendizado de máquina e controle, sendo utilizados com sucesso em tarefas de processamento de imagens, como a detecção de bordas e o limiar de imagens.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para abordar os resultados obtidos usamos duas estratégias, a calculadora TRL, onde é definido o nível de maturidade do objeto de estudo, e a prospecção tecnológica, com o objetivo de identificar a necessidade do uso do objeto em estudo, assim como mostrar a importância do mesmo e a contribuição que o mesmo poderia oferecer à sociedade.

2.1 NÍVEL DE MATURIDADE TECNOLÓGICA

A Maturidade tecnológica sob as perspectivas da pesquisa científica da UFRN sobre a Computação Estocástica revelam que o nível pode ser considerado médio-baixo. Pois, como possui um TRL entre 4 e 5, deve ser passada por testes mais rigorosos.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A pesquisa foi feita com base em artigos científicos e na calculadora TRL, desenvolvida pela NASA e adaptada pelo ITA, que indica o nível de prontidão tecnológica do objeto de estudo em questão.

4 CENÁRIO CIENTÍFICO-TECNOLÓGICO E MERCADOLÓGICO DA COMPUTAÇÃO ESTOCÁSTICA

Diante das primeiras iniciativas tecnológica na utilização de computação estocástica como aparato na resolução de problemas a partir da década de 60, trata-se de uma tecnologia endógena. Sabe-se hoje, a quantidade de empresas que exploram o seu mercado pode ser descrito como estrutura de mercado em concorrência monopolística. Por outro lado, a prática de preços tem como forma de oligopólio. Nesse bloco é discutido a sua revisão bibliográfica, as suas aplicações, a dinâmica econômica e como essa tecnologia chega ao mercado.

4.1 TRAJETÓRIA CIENTÍFICO-TECNOLÓGICA

A representação digital binária é o padrão bem estabelecido para computação. Como a tecnologia continua para encolher de tamanho, os circuitos tornam-se mais propensos a erros imprevisíveis. Com os limites do binário computacional, esses elementos possuem a capacidade de serem armazenados e executados pela máquina. No entanto, muitas vezes acabam tendo um alto custo de hardware ou a necessidade em se ter um supercomputador.

Segundo Li e Lilja (2011), um paradigma alternativo de otimização foi imposto pela primeira vez na década de 50 pelo matemático húngaro John von Neumann, trata-se da computação estocástica. Ela é um estilo de computação aproximado que usa fluxos de bits gerados aleatoriamente para representar os dados que estão sendo processados. Assim, os valores numéricos estocásticos são representados pelos valores binários 0 e 1, onde estes, são valores representados por um sinal aleatório bitstream. A partir de Alaghi (2013) o bitstream estocástico é definido como sendo uma sequência de sinais estocásticos ao longo do tempo.

Os avanços tecnológicos na década de 60, permitiram com que os estudos de John von Neumann fossem idealizados. Segundo Gaines, Poppelbaum e Ribeiro (1967), a principal atração da computação estocástica quando foi imposta em prática, permitiu implementações de custo muito baixo de operações aritméticas usando elementos lógicos padrão.

De acordo com Esch (1969), mais tarde, foi idealizado o primeiro hardware construído para a execução de cálculos estocásticos computacionais foi chamado de Rascel. Simplesmente ele adota o papel do compilador, ou seja, é um programa computacional que a partir de um código fonte escrito em linguagem computacional, traduz a linguagem de um alto nível para um baixo nível.

4.2 APLICAÇÕES

As principais razões para o interesse inicial, são a relativa simplicidade e robustez de unidades aritméticas baseadas em computação estocástica e a possibilidade de se obter muitas unidades trabalhando em paralelo.

Esses benefícios tornaram-se menos importantes à medida que os transistores tornaram-se mais baratos, contudo, os benefícios continuam sendo significativos, mesmo em algumas aplicações bem estabelecidas. Além disso, pesquisas recentes introduziram aplicações totalmente novas para a computação estocástica.

Além dos avanços de estudos voltados para a área da computação e matemática, outros estudos viram com bons olhos, a possibilidade de também utilizarem a computação estocástica. Logo, áreas como a neurociência, hibridização de controles, decodificação de erros utilizando códigos computacionais antigos, otimização de sistemas, nanotecnologia, sendo este, mais debatido posteriormente, entre outros, obtiveram impactos importantíssimos ao longo da ciência.

A computação estocástica foi investida para uma variedade de aplicações. Uma área bastante especializada é a análise de confiabilidade. Como as probabilidades são basicamente grandezas analógicas, a computação estocástica foi proposta para algumas tarefas analógicas e híbridas de computação analógica/digital, geralmente sob o título de “processamento digital de sinais”.

Redes neurais e sistemas de controle estão entre as primeiras e as mais amplamente estudadas aplicações da computação estocástica, e tem conexões próximas com a computação analógica. Um exemplo ilustrativo recente é encontrado em Zhang e Li [2008], onde é descrita uma unidade de controle para um motor de indução que integra vários algoritmos baseados em computação estocástica e uma extensa rede neural. O controlador é implementado em FPGA e é reivindicado para exibir maior desempenho e menor custo de hardware do que os projetos baseados em microprocessador convencionais para o mesmo aplicativo. Os integradores estocásticos executam funções da forma $y(n) = x(n) + y(n-1)$ em números estocásticos. O controlador estocástico anti-backup incorpora um algoritmo complexo, que limita todas as mudanças implementadas no comando de velocidade de entrada a qual pode levar a operação incorreta do motor. O estimador de rede neural estocástica implementa em tempo real as principais funções de processamento de feedback do sistema, muitas das quais são intensivas em computação.

O processamento de imagens é outra área de aplicação potencial para a computação estocástica de grande importância prática. Muitos aplicativos de imagem envolvem transformações funcionais nos pixels de uma imagem de entrada. As funções de nível de pixel são geralmente simples, mas devido ao grande número de pixels envolvidos, o processo geral de transformação é extremamente intensivo em computação. Se essas funções forem implementadas usando a computação estocástica, então o processamento de imagens altamente colateral e de baixo custo torna-se possível, como demonstrado em um chip inteligente de detecção de imagem baseado em SC.

De forma geral a computação estocástica recebeu pouca atenção desde os anos 70. Foi revisitado recentemente por Qian et al. [2011] e Li et al. [2009], que introduziu uma arquitetura estocástica capaz de implementar muitas funções aritméticas. Implementação de função neste estilo tem uma forte semelhança com a computação analógica [McClennan 2009]. A ideia principal, baseada em Qian e Riedel [2008], é a de aproximar a função de um polinômio de Bernstein [Lorentz 1986].

As redes neurais (ANNs) são tradicionalmente implementadas usando ferramentas de software, enquanto alguns programas específicos, como o MATLAB, fornece caixas de ferramentas especiais para rede neural treinamento e execução. Mesmo assim implementações de hardware tiram proveito do inerente paralelismo das RNAs e também são bem mais rápidas se comparados com Programas soluções. Uma implementação paralela também demonstra recursos mais confiáveis se comparado ao software. Também é desejável que os circuitos envolvidos na implementação da RNA deve ser tão pequenos quanto possível, a fim de aumentar o número de elementos que podem ser construídos em um único chip.

Gene Clapper da IBM desenvolveu um reconhecedor adaptativo para classificar a fala, ou caracteres manuscritas, em uma das dezesseis categorias (6). Os caracteres são gravados com uma caneta de metal, em uma matriz de 3 X 5 de guias de metal e, portanto, cria um padrão de entrada IS-bit. A entrada de fala é

separada por filtros em quatro bandas de frequência, e a presença ou ausência de energia em cada uma dessas bandas para cada um dos três primeiros segmentos discretos da palavra falada é observada. Um quinto canal registra-se ou não, cada segmento durou mais de 100 msec. Portanto, as entradas de fala também são codificadas como padrões de entrada de bits.

4.3 DINÂMICA ECONÔMICA

Existem poucas empresas atuando no mercado da Computação Estocástica. Grande parte dessas empresas atuam na área do mercado financeiro. Mas por ser uma tecnologia revolucionária por que ela não consegue chegar ao mercado? Por ser uma tecnologia nova e pouco conhecida, poucas empresas apostam na mesma, e mesmo sendo algo bastante revolucionário, elas quase nunca saem do papel. Como essas pesquisas saem do papel e chegam ao mercado? Para que isso ocorra, é necessário que haja uma confiança de empresas nessas pesquisas, de modo a implementar a mesma em seus negócios, um exemplo disso é a Samsung que está investindo em pesquisas na área da Computação Estocástica desde o ano de 2017. (YU, 2017)

4.4 DA BANCADA AO MERCADO

Um oscilador estocástico é um indicador de momentum que compara um determinado preço de fechamento de um título a um intervalo de seus preços durante um certo período de tempo. A sensibilidade do oscilador aos movimentos do mercado é redutível ajustando esse período de tempo ou tomando uma média móvel do resultado. Ele é usado para gerar sinais de negociação de sobrecompra e sobrevenda, utilizando um intervalo de valores limitado de 0 a 100.

Um oscilador estocástico é um indicador técnico popular para gerar sinais de sobrecompra e sobrevenda. Ele foi desenvolvido na década de 1950, e ainda está em uso amplo até hoje. Os osciladores estocásticos são sensíveis ao momento e não ao preço absoluto.

O oscilador estocástico é limitado por intervalo, o que significa que ele está sempre entre 0 e 100. Isso o torna um indicador útil das condições de sobrecompra e sobrevenda. Tradicionalmente, leituras acima de 80 são consideradas na faixa de sobrecompra e leituras abaixo de 20 são consideradas vendidas. No entanto, estes nem sempre são indicativos de reversão iminente, tendências muito fortes podem manter condições de sobrecompra ou sobrevenda por um período prolongado. Em vez disso, os traders devem procurar mudanças no oscilador estocástico em busca de pistas sobre mudanças futuras de tendência.

O oscilador estocástico foi desenvolvido no final dos anos 1950 por George Lane. Conforme desenhado por Lane, o oscilador estocástico apresenta a localização do preço de fechamento de uma ação em relação à faixa alta e baixa do preço de uma ação durante um período de tempo, normalmente um período de 14 dias. Lane, ao longo de inúmeras entrevistas, disse que o oscilador estocástico não segue preço ou volume ou algo similar. Ele indica que o oscilador segue a velocidade ou o momento do preço. Lane também revela em entrevistas no qual, via de regra, o momento ou a velocidade do preço de uma ação muda antes que o preço se modifique. Desta forma, o oscilador estocástico pode ser usado para prever reversões, quando o indicador revela divergências de alta ou baixa. Este sinal é o primeiro, e indiscutivelmente o mais importante, sinal de negociação identificado por Lane.

5 POLÍTICAS DE CATCHING-UP

Os últimos 50 anos de desempenho industrial brasileiro foram extremamente influenciados pelas dinâmicas particulares das duas últimas revoluções tecnológicas, e pelo padrão típico dos fluxos internacionais de capitais dessas duas revoluções. O Brasil conseguiu promover seu catching up (1955-1980) a partir de uma estratégia de crescimento alicerçada no aporte de recursos externos. Entretanto, a partir da década de 1980 a irrupção da

quinta revolução tecnológica expôs a vulnerabilidade desta estratégia, a qual delega ao capital estrangeiro os setores mais dinâmicos do processo de industrialização em marcha, responsabilizando-o crescentemente pelo financiamento do crescimento nacional.

De acordo com Antas Jr (2010), no ano de 2012, o Governo Federal apresentou o Programa Estratégico de Software e Serviços de Tecnologia da Informação, ou Programa Tecnologia da Informação (TI) Maior (2012-2015), que integra a Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação: 2012-2015 (ENCTI), no âmbito do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). Esse programa possui como iniciativas resultados de pressões do próprio setor de Tecnologia da Informação sobre o governo, considerando que embates e diálogos entre Estado, mercado e associações setoriais corporativas ou não, podem comumente gerar políticas públicas que atendam a interesses majoritariamente corporativos.

Tal pesquisa serve como exemplo, na área da Computação Evolucionária no que diz respeito aos algoritmos heurísticos para a solução de problemas combinatórios, incluindo problemas de Otimização com inúmeros objetivos e em algumas áreas, haja vista, que a computação estocástica pode tratar de problemas multidisciplinares. Logo mais, frisamos alguns projetos e empresas voltados com programas de Políticas Industriais e de Inovação “Catching up” que impactaram na área da Computação Estocástica na UFRN.

5.1 ENGENHARIA DE SOFTWARE

O Núcleo Integrador de Pesquisa e Inovação em Engenharia de Software, o SETE – Software Engineering Team –, é uma unidade do IMD que integra professores de inúmeras unidades com o objetivo de atuar no ensino e na pesquisa e inovação em Engenharia de Software (ES). Alguns exemplos são LETS, LCM e LASID, Fundamentos de Computação, Métodos Formais e Linguagens de Programação, Processamento Gráfico e Inteligência Computacional,

5.2 SISTEMAS DISTRIBUIDOS

Sistemas Integrados: Projeto de Sistemas Embarcados do professor Dr. Marcio Kreutz: Sistemas Embarcados são sistemas computacionais que procuram executar funcionalidades de tarefas específicas de maneira positiva e otimizada. Contudo, estas arquiteturas devem atender certas restrições de projeto, tais como desempenho, consumo de potência, confiabilidade, dentre outras.

5.3 IMD (nPITI)

O Instituto Metrópole Digital (IMD) é uma Unidade Acadêmica Especializada da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Com um perfil que alinha-se com a sua missão de fomentar a criação de um Polo Tecnológico em Tecnologia da Informação no estado do Rio Grande do Norte, abrangendo iniciativas dos setores público, privado e acadêmico, como base para sua estrutura organizacional.

O nPTI é um núcleo laboratorial de atividades do Instituto Metrópole Digital, o qual dispõe de equipamentos e instrumentos necessários ao desenvolvimento das atividades de pesquisa e de ensino na área de TI, com suporte adicional às atividades de ensino de eletrônica. Cujo objetivo é difundir as ações relativas à inovação tecnológica, de forma a permitir o seu desenvolvimento.

5.4 PESQUISA E DESENVOLVIMENTO (P&D) E A TRÍPLICE HÉLICE

A produtividade do trabalho no Brasil é baixa em comparação com outros países e vem crescendo a um ritmo relativamente lento. Um dos componentes fundamentais para o crescimento da produtividade é a inovação de novos produtos ou processos, a imitação ou transferência de tecnologia que deram certo em outros países. Para que isso seja possível, é necessário que o país desenvolva pela sua capacidade de absorção e também o desenvolvimento de novas tecnologias.

O processo de inovação é conectado ao padrão de consumo de uma sociedade, tornando aquelas com maior capacidade de absorver inovações também as mais propensas a inovar. Pode-se dizer que não há um estoque limitado a respeito de ideias. Visto que a criatividade humana e suas necessidades são ilimitadas. Assim, assume-se que há uma relação inversa entre o número de inovações e a geração de novas ideias.

A tríplice hélice considera a relação de interação entre universidade-indústria-governo, tendo como componente principal, a geração de inovação nacional ou multinacional a partir de pesquisa e desenvolvimento (P&D), cujas suas esferas institucionais eram, até pouco tempo, parcialmente divididas e trabalhadas de maneira isoladas. Hoje, possuem uma relação quase dependentes agindo de maneira a atender a demanda tecnológica local.

A busca por convergência tecnológica por parte de países retardatários, pelos esforços que põem em movimento um processo autônomo de "superação do atraso" por meio de empresas locais, supõe uma trajetória de desenvolvimento menos vulnerável às idas e vindas do capital internacional no longo prazo. Não parece ter sido esse o caso do relativo emparelhamento tecnológico realizado pelo Brasil no período 1955-1980. A partir do Plano de Metas, foram os investimentos de empresas multinacionais o principal veículo de difusão internacional de tecnologia. Dessa forma, procurou-se demonstrar que essa estratégia de desenvolvimento é vulnerável, pois, não garante uma endogenia técnica. Um processo autônomo de superação do atraso é outra maneira de expressar a necessidade de uma estratégia nacional-desenvolvimentista.

Na abordagem dos modelos de crescimento endógeno podemos destacar a mudança inovadora tecnológica como elemento crucial ao crescimento econômico de um país. O fato de poder transformar conhecimento em inovação, permite analisar fatores determinantes da evolução do progresso técnico. Abre-se então, espaço para ações efetivas do Estado, como por exemplo, o Keynesianismo, por meio de políticas públicas, uma vez que essas, aliadas às interações com agentes econômicos privados, universidades públicas, institutos de pesquisas, entre outros, são capazes de influenciar decisivamente o crescimento tecnológico de uma economia por meio da inovação. Nesse contexto, podemos relacionar, a tecnológica endógena na pesquisa e desenvolvimento com a hélice. Notadamente, verificou-se ações da ciência, tecnologias e inovação, a partir de 1950 até os dias atuais.

Temos observado, nas políticas públicas atuais para C&T, a crescente busca pela inserção do mercado, principalmente como financiador de algumas das ações propostas nos planos governamentais, como ocorre no Programa TI Maior. Tanto os dispêndios públicos quanto empresariais vêm aumentando de modo significativo desde 2006. Nesse âmbito, destaca-se ainda a atuação das entidades de classe, que especialmente no setor de TI brasileiro são fortemente atuantes na construção de políticas públicas, conforme demonstram trabalhos como os de Tapia (1995), Stefanuto (2004), Ruffato (2010) e Pontes (2012).

Desde a segunda metade do século XX, tais entidades vêm realizando fortes pressões sobre o Estado pela incorporação de seus interesses nas políticas públicas, reforçando aquilo que entendemos como um dos aspectos da regulação híbrida do território (ANTAS JR., 2005). Elas destacam o valor estratégico das T.I e reivindicam ações do Estado, isoladamente ou em parcerias com as empresas, visando fortalecer o setor no país e melhorar seu desempenho nos mercados internacionais (ABES et al., 2010; BRASSCOM, 2013). Em contraposição a um modelo de regulação predominantemente estatal, o contexto de tais políticas possibilita a adequação a um outro modelo de organização, do qual participam os três agentes principais: Estado, empresas e universidades.

A Hélice Tríplice tem o intuito de examinar os pontos fortes e fracos dos processos de desenvolvimento locais e construir relações entre universidades, indústrias e governos, com o objetivo de desenvolver uma estratégia de inovação bem sucedida. Esse processo é fundamental para juntar as principais criadoras de conhecimento em prol de uma mudança econômica e social. Com as universidades adotando um formato empreendedor, transcendendo o seu formato padrão de educação e pesquisa.

Com algumas políticas organizacionais destinadas a transformar conhecimento em atividade econômica. A universidade é inspirada a desempenhar um papel criativo no desenvolvimento econômico. As interações entre universidade-indústria-governo, formando uma hélice tríplice de inovação e empreendedorismo, são essenciais para o crescimento econômico e o desenvolvimento social de uma nação.

5.5 POLÍTICAS PÚBLICAS VOLTADAS PARA COMPUTAÇÃO

Tratar de políticas públicas voltadas a ciência e tecnologia (C&T) são de fundamental importância no atual período histórico, dado que as redes, os sistemas e os objetos informacionais perpassam hoje diversas dimensões do cotidiano e da economia. De acordo com Dallari Bucci (2002), a importância de políticas públicas possui como finalidade a resolução de problemas os quais devem ser resolvidos. As políticas públicas voltadas para a área das novas tecnologias podem melhorar as condições de vida da população, inclusive dos mais pobres. No entanto, a batalha contra a exclusão digital visa buscar caminhos que diminuam seu impacto negativo sobre a distribuição de riqueza e oportunidades. Segundo Cassiolato e Lastres (2002), tal abordagem enfatizar o papel das tecnologias na mudança de paradigma tecnoeconômico. Logo, este novo paradigma, baseado num conjunto interligado de inovações, reduz, por exemplo, os custos de armazenagem, processamento, comunicação e disseminação de informação e exige mudanças radicais nas formas de organização da produção, distribuição e consumo de bens e serviços.

A crescente preocupação com políticas públicas de inovação decorre do seu caráter multidisciplinar. Isso significa que a necessidade de atender a vários interesses não está, necessariamente, condicionada à existência de um arcabouço ótimo, em que políticas públicas possam ser analisadas. Dessa forma, mesmo que algumas disciplinas especializadas, como a economia, possam contribuir para essa análise, sua contribuição é apenas parcial (Metcalf, 1995). Isso, entretanto, não diminui sua relevância para a formulação e análise de políticas públicas, mas, contribui para que tais ações sejam guiadas por outras questões paralelas à agenda pautada na teoria econômica (Nelson e Winter, 1982).

As decisões no campo científico sempre envolvem a dimensão política, pois as escolhas feitas pelos agentes fundamentam-se em interesses pessoais ou institucionais, ou, ainda, em atos intencionalmente voltados aos modos de produção ou reprodução na ordem social estabelecida. Alguns exemplos de temáticas que compõem o escopo relacionado a esse objeto são programas de pesquisa, instrumentos de financiamento, instituições, legislações e a dinâmica de geração de conhecimento e de inovação no campo científico (DIAS, 2011). De fato, é considerada uma política de ciência, tecnologia e inovação, quando esta possui ênfase na excelência científica e tecnológica, pautada na consolidação de uma empresa inovadora, e na capacidade de enfrentar os desafios que lhe são atribuídos.

De acordo com Moreira (1995), a Política Nacional de Informática (PNI) brasileira foi considerada como sendo parte da política industrial brasileira. A sua criação deu-se a partir do I Plano Básico de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (I PBDCT), este visava o impulsionamento da criação de um parque nacional de computadores. A partir daí, inúmeros autores (COSTA, 2007; DANTAS, 1988; MOREIRA, 1995; TEIXEIRA; CUKIERMAN, 2005) exibem a importância inicial da Comissão de Coordenação das Atividades de Processamento Eletrônico (CAPRE). Tal Comissão, foi encarregada de projetar a criação da primeira política pública brasileira de informática. E possuiu como norte inicial o desenvolvimento da autonomia tecnológica nacional na produção de computadores.

Segundo Moreira (1995), foi criada em 1984 a primeira Lei de Informática como um instrumento de enorme relevância da PNI brasileira à época. A Lei nº 7.232/84, com prazo de vigência de oito anos, preservou a reserva de mercado, utilizando-se de medidas como controle das importações de bens e serviços de informática e a possibilidade de intervenção estatal em situações nas quais se mostrasse necessário proteger a produção nacional.

Ademais, esta Lei promoveu incentivos fiscais, econômicos e para as atividades de P&D que, no conjunto, promoveram a capacitação da indústria de informática brasileira. De fato, reconhece-se o desenvolvimento de quadros de excelência na indústria de informática brasileira. Na década de 1980, o Brasil era um dos poucos países que já possuíam certo domínio no desenvolvimento da tecnologia de informática (TEIXEIRA; CUKIERMAN, p. 63, 2005).

No Brasil, entre os anos 2000 e 2010, o setor de informática retomou seu crescimento. Em 2007, deixando clara a importância estratégica dessa indústria para o país, foram criadas medidas para incentivo à inovação tecnológica, por meio da Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior (PITCE) (FERREIRA, p. 113, 2008). Segundo MCTI (2014), nos anos 2007 à 2010, podemos destacar a execução do Plano de Ação Ciência, Tecnologia e Inovação para o Desenvolvimento Nacional (PACTI 2007-2010), cujo objetivo visava a consolidação institucional do Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (CTI), tinha como meta a formação de recursos humanos como melhoria na infraestrutura e no fomento para pesquisa científica e tecnológica, direcionados ao desenvolvimento social.

Temos visto, nas políticas públicas atuais para Ciência, Tecnologia e Inovação, a vasta busca pela inserção do mercado, principalmente como financiador de algumas das ações propostas nos planos governamentais. Assim, destaca-se ainda a atuação das entidades de classe, que especialmente no setor de Tecnologia da Informação brasileiro são fortemente atuantes na construção de políticas públicas, conforme são retratados nos trabalhos de Tapia (1995), Stefanuto (2004), Ruffato (2010) e Pontes (2012). Desde a segunda metade do século XX, tais entidades vêm realizando fortes pressões sobre o Estado pela incorporação de seus interesses nas políticas públicas, reforçando aquilo que entendemos como um dos aspectos da regulação híbrida do território (ANTAS JR., 2005). Elas destacam o valor estratégico das TI e reivindicam ações do Estado, isoladamente ou em parcerias com as empresas, visando fortalecer o setor no país e melhorar e ampliar seu desempenho nos mercados internacionais (ABES et al., 2010; BRASSCOM, 2013).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante das pesquisas que fizemos, foi observado que os governos brasileiros têm se esforçado bastante para fazer com que o país evolua na área tecnológica. Algumas políticas de catching up foram essenciais para se desenvolver em alguns âmbitos. No entanto ainda serão necessárias muitas mudanças de paradigmas para que o Brasil crie as suas próprias tecnologias. Mudanças essas que farão com que o país se desenvolva econômica e socialmente.

Uma possibilidade interessante com prováveis chances de crescimento do país seria a interdependência entre a universidade, indústria e governo. Como foi ressaltado anteriormente a Hélice Tríplice é um processo dinâmico que une conhecimento, consenso e inovação. Quando cientistas usam o conhecimento científico com o objetivo de gerar economia, a ciência deixa de ser um processo cultural e se torna uma força produtiva que gera novos rendimentos. Quando os representantes da universidade, da indústria e do governo, se unem para discutir os problemas e potencialidades regionais, pode nascer uma nova dinâmica de inovação e empreendedorismo exponenciais.

A universidade é uma instituição essencial na formação de conhecimento, assim como as empresas e o governo são essenciais na indústria. Na hélice tríplice as empresas continuarão sendo importantes no âmbito industrial, e o governo ainda será a fonte mantenedora das relações que garantem interações estáveis. A principal vantagem da universidade em relação ao governo e as empresas são os seus alunos. Com os alunos ingressando e se graduando constantemente, a academia sempre terá novas possibilidades de ideias e mais debates e pesquisas que possibilitam novas formas conhecimento. Diferentemente das unidades de P&D das empresas e dos laboratórios governamentais, os quais geralmente tendem a saturar, sem o fluxo constante de novas pessoas com novas ideias que é a parte intrínseca da universidade.

Portanto, as perspectivas da pesquisa científica da UFRN sobre a computação estocástica revelam que o nível

pode ser considerado médio-baixo de aderência tecnológica mercadológica, já que possui um TRL entre 4 e 5, no qual deve passar por testes mais rigorosos. Além disso, devido Revolução Informacional o mercado tende a crescer de forma exponencial pelos altos avanços tecnológicos.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

ANTAS JR., Ricardo Mendes. Território e regulação: espaço geográfico, fonte material e não-formal do direito. São Paulo: Associação Editorial Humanitas: Fapesp, 2005.

BRASSCOM. Anuário Brasil TI – BPO 2013 – 2014. 2013. Disponível em: <<https://brasscom.org.br/brasscom/Portugues/download.php?cod=538>>

CASSIOLATO, J.E.; LASTRES, H.M.M. Aglomerações, Cadeias e Sistema Produtivos e de Inovações. Rio de Janeiro: UFRJ, 2002.

COSTA, Simone. Sobre-representação e interesses regionais: o caso da Lei de Informática. Dissertação (Mestrado em Ciência Política), Programa de Pós-Graduação em Ciência Política, Universidade de São Paulo, 2007.

DANTAS, Vera. Guerrilha tecnológica: a verdadeira história da Política Nacional de Informática brasileira. Rio de Janeiro: LTC, 1988.

DIAS, R. B. O que é a política científica e tecnológica. Sociologias, Porto Alegre, v. 13, n.28, p. 316-344, 2011

MCTI (Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação). Prioridade estratégica I: Expansão e consolidação do Sistema Nacional de C,T&I. Principais resultados. Brasília. 2014.

METCALFE, S. The economic foundations of technology policy — equilibrium and evolutionary perspectives. In: STONEMAN, P. (Ed.). Handbook of the economics of innovation and technological change. Oxford: Blackwell, 1995.

MOREIRA, José de Albuquerque. Informática: o mito Política Nacional de Informática. R. Bibliotecon. Brasília, v. 19, n. 1, p. 23-50, 1995.

NELSON, R. R.; WINTER, S. G. In search of useful theory of innovation. Research Policy, v. 6, n. 1, 1977.[Hammadou et al. 2003]

PONTES, Henrique Vieira. Software livre e software proprietário: elementos do debate entre liberais e comunitaristas na ADI nº. 3.059/RS. Universitas/JUS, v. 23, n. 1, p. 67-78, 2012.

RUFFATO, Bianca Rosa. O papel do governo brasileiro no fomento das inovações no setor das TICs: um enfoque na indústria de software. Monografia (Graduação em Economia) – Faculdade de Ciências Econômicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

STEFANUTO, Giancarlo Nuti. O programa Softex e a indústria de software no Brasil. Tese (Doutorado em Política Científica e Tecnológica) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

TEIXEIRA, Cássio Adriano Nunes; CUKIERMAN, Henrique Luiz. A Cobra teve uma partitura. In: Workshop WOSES – Um olhar sociotécnico sobre a engenharia de software, 1., Rio de Janeiro, 2005.

YU, Joonsang et al. Accurate and efficient stochastic computing hardware for convolutional neural networks. In: 2017 IEEE International Conference on Computer Design (ICCD). IEEE, 2017. p. 105-112.