

Análise das dinâmicas de desenvolvimento do arranjo produtivo local de tecnologia da informação de Fortaleza-CE: direções para fortalecimento do setor a partir da modelagem de sistemas

Analyze of the dynamics of development of the local productive arrangement of information technology of Fortaleza-CE: directions for invigoration of the section starting from the modelling of systems

Alexandre Gomes Galindo¹
Samuel Façanha Câmara²

Resumo

Esta pesquisa teve o objetivo de estudar as variáveis envolvidas nas dinâmicas de desenvolvimento do arranjo produtivo local (APL) de tecnologia da informação de Fortaleza utilizando a dinâmica de sistemas como abordagem metodológica. Foram realizados procedimentos de modelagem com diagramas de enlace causal e de estoque e fluxo, bem como procedimentos de simulação de dinâmicas do setor por meio de *software* específico (STELLA), envolvendo a identificação de variáveis vinculadas às ações indutoras de desenvolvimento. As simulações sugeriram que as dinâmicas de maior impacto positivo são aquelas relacionadas ao atendimento da demanda e à inovação tecnológica. Verificou-se, entretanto, que o tempo gasto para o APL atender integralmente uma elevação abrupta da demanda pode comprometer o interesse de clientes em realizar transações comerciais na região. Em termos gerais, os resultados evidenciam a importância de uma governança local comprometida em garantir condições que viabilizem a consolidação de um cenário

¹ Mestre em Administração; Coordenador do Núcleo de Estratégia, Gestão e Estudos Organizacionais – NEGEO/UNIFAP. Docente da Universidade Federal do Amapá. Email: alexandregalindo@bol.com.br

² Doutor em Economia; Coordenador do Laboratório de Simulação, Otimização e TI na Gestão Empresarial do Instituto de Tecnologia da Informação-LASO/ITIC. Docente da Universidade Estadual do Ceará. Email: sfcamara@ig.com.br

favorável à alavancagem de todas as dinâmicas de desenvolvimento, de tal forma que o APL tenha condições de atender e ampliar adequadamente a demanda do mercado pelos seus produtos.

Palavras-chave: Arranjos Produtivos Locais. Tecnologia da Informação. Desenvolvimento Local.

Abstract:

This research had the objective of studying the variables involved in the dynamics of development of the Local Productive Arrangement of Information Technology of Fortaleza using the Dynamics of Systems as methodological approach. Modelling procedures were accomplished with diagrams of causal connection and of stock and flow, as well as procedures of simulation of dynamics of the section, through specific software (STELLA), involving the identification of variables linked with the actions inducing of development. The simulations, suggested that the dynamics of larger positive impact are those related with the service of the demand and with the technological innovation. It was verified, however, that the time spends for APL to assist an abrupt elevation of the demand integrally can commit the customers' interest in accomplishing commercial transactions in the area. In general terms, the results evidence the importance of a local governance committed in guaranteeing conditions that make possible the consolidation of a favorable scenery for the leverage of all the development dynamics, in such a way that APL has conditions of to assist and to enlarge the demand of the market appropriately for their products.

Keywords: Local Productive Arrangement. Information Technology. Local Development.

1 Introdução

O desenvolvimento de aglomerações produtivas possui estreita relação com as transformações econômicas, sociais, culturais e políticas que ocorrem nos territórios envolvidos pelas dinâmicas oriundas das inter-relações dos principais agentes locais. Dependendo das características dos referidos aglomerados, verifica-se que a governança local surge como mecanismo integrador, voltado para a implementação de ações coordenadas que garantam o adequado enfrentamento dos desafios locais, fornecendo efetivo e sustentável desenvolvimento regional.

Vale ressaltar, entretanto, que a preocupação dos principais tomadores de decisão deve estar além da mera elaboração, implementação, avaliação de projetos e programas ou do estabelecimento e acompanhamento da evolução de indicadores registrados isoladamente. Faz-se necessária a identificação das dinâmicas sistêmicas que caracterizem o desenvolvimento, requerendo esforços para representação de indicadores sistêmicos capazes de captar tais dinâmicas (SILVEIRA, 2002). Dessa forma, as abordagens sistêmicas de representação e análise se destacam como instrumentos eficazes para a percepção e o entendimento das estruturas subjacentes aos processos de transformação dos arranjos produtivos a fim de maiores níveis de desempenho e complexidade.

Esta pesquisa teve como objetivo geral estudar as variáveis envolvidas nas dinâmicas de desenvolvimento do arranjo produtivo local de tecnologia da informação de Fortaleza. Utilizando a dinâmica de sistemas como abordagem metodológica, o estudo especificamente visou: 1) realizar a modelagem qualitativa, representativa do sistema relacionado ao desenvolvimento do arranjo produtivo local de tecnologia da informação de Fortaleza; 2) realizar modelagem computacional e simulações, de tal forma que possibilitem a visualização das dinâmicas relacionadas ao referido desenvolvimento; e 3) analisar pontos de alavancagem dos referidos processos de desenvolvimento.

Tendo como foco central o enfrentamento dos desafios relacionados ao arranjo produtivo local (APL), foram realizados procedimentos de modelagem com diagramas de enlace causal e de estoque e fluxo, bem como procedimentos de simulação de algumas dinâmicas do setor, por meio de *software* específico (STELLA), envolvendo a identificação de variáveis vinculadas às ações indutoras de desenvolvimento.

Além dos dados e das evidências obtidas sobre o setor, via pesquisa bibliográfica, *survey* e análise de conteúdo, foram realizadas pesquisas documentais e consultas a especialistas, com o propósito de identificar as características e os padrões de comportamento das variáveis envolvidas nas dinâmicas de desenvolvimento do APL.

Posteriormente, foram originadas representações sistêmicas das inter-relações das variáveis e simulações computacionais para analisar os comportamentos das respectivas dinâmicas.

Vale destacar que a relevância deste trabalho reside no fato de que os resultados são capazes de contribuir para estudos que visem subsidiar a elaboração, implementação e avaliação de políticas, projetos e/ou programas voltados para a promoção do desenvolvimento do setor de tecnologia da informação no estado do Ceará.

Nos tópicos seguintes, são apresentados os fundamentos teóricos vinculados à relação entre aglomerados produtivos e desenvolvimento local e ao uso da dinâmica de sistemas como abordagem para exploração das realidades organizacionais. Logo após, será apresentado o detalhamento metodológico do estudo e, posteriormente, a análise dos resultados, as considerações finais e os anexos.

2 Aglomerados produtivos e desenvolvimento local

Ao analisar-se a atual discussão sobre desenvolvimento local, verifica-se que ele possui estreitas associações com o crescimento econômico de natureza endógena, para o qual fatores produtivos, sociais, culturais e políticos são decisivos. Para Costa (2001), as pequenas e médias empresas são consideradas fator de dinamização do potencial de crescimento local, visto que o modelo de desenvolvimento endógeno é particularmente sensível aos segmentos industriais formados por esse tipo de tecido empresarial, pois suas capacidades competitivas dependem das vantagens oriundas localmente.

No que diz respeito aos fatores envolvidos na ambiência que ampara os processos produtivos e competitivos das empresas, e que influenciam as dinâmicas de desenvolvimento local, Albuquerque (1998) aponta para a importância da noção sistêmica desses processos, pois as empresas não enfrentam isoladamente a disputa no mercado, mas dependem de outros aspectos, tais como: 1) disponibilidade de serviços de apoio à produção; 2) infraestruturas; 3) possibilidade de execução

adequada de pesquisa e desenvolvimento (P&D); 4) capacitação empresarial; 5) vinculação do sistema educativo com os requisitos produtivos e empresariais; 6) rede de provedores e competidores locais; 7) nível de exigência dos usuários locais; e 8) grau de interação criativa do setor público com os agentes sociais.

Na medida em que as interações dos agentes envolvidos se alinham ao conceito de desenvolvimento endógeno, as estratégias e políticas não apenas buscam crescimento econômico em termos quantitativos; elas incorporam também objetivos que visam alcançar resultados que viabilizem ampla difusão territorial do crescimento, com o propósito de garantir a elevação da equidade social e qualidade de vida a uma maior parcela da população, promovendo, ao mesmo tempo, o desenvolvimento local ambientalmente sustentável para várias gerações.

Cunha (2002) aponta o fato de que os ganhos potenciais de empresas localizadas em aglomerados podem ser oriundos das externalidades geradas pela própria aglomeração ou como resultado de ação conjunta deliberada entre as empresas. Enquanto as vantagens da aglomeração são meramente estáticas (decorrentes da oferta de serviços técnicos, insumos, infraestrutura e disponibilidade de pessoal especializado, promovendo economias internas e externas à empresa), as vantagens das ações conjuntas são consideradas de natureza dinâmica, constituindo-se de atos conscientes de cooperação interfirmas ou da união de forças de associações empresariais, podendo ser de caráter técnico-produtivo, tecnológico ou interorganizacional.

Fundamentados na suposição de que o crescimento de uma região depende de fontes que não reduzam a capacidade de gasto da população e do governo regional, e aumentem a competitividade das empresas locais, Santos *et al.* (2004b) argumentam que as principais ações promotoras de desenvolvimento regional são: 1) exportações; 2) rendas enviadas de fora da região; e 3) gastos públicos em infraestrutura, indução às exportações, competitividade das empresas regionais e em setores exportadores. Os mesmos autores relacionam a influência dos

arranjos produtivos locais no desenvolvimento regional mediante a integração de diversos processos vinculados às vantagens competitivas típicas do APL, ao crescimento da renda e riqueza da região, à expansão do setor de serviços e à atração de mão de obra qualificada.

Convém ressaltar que o respectivo processo se fundamenta em duas dinâmicas próprias, mas inter-relacionadas, representadas pelas dinâmicas de crescimento setorial do APL e crescimento geral da região. Sob essa óptica, a aquisição de um diferencial de competitividade de uma localidade em relação a outras regiões constitui elemento crítico na elaboração e implementação de políticas voltadas para a promoção do desenvolvimento, devendo-se ter o cuidado de promover a mobilização dos principais agentes locais, na busca de resultados consistentes e sustentáveis por um longo prazo.

3 Dinâmica de sistemas e o estudo das relações organizacionais

Ao analisar a evolução do funcionalismo nas teorias social e organizacional, Souza (2001) afirma que o movimento sistêmico traz, desde os trabalhos de Bertalanffy, três mensagens fundamentais. A primeira argumenta que a realidade é complexa e integrada, não sendo possível separar os fenômenos, as coisas e os ambientes entre si para estudá-los, pois todos estão interligados. A segunda se refere ao fato de que a compreensão correta da realidade somente pode ser obtida mediante uma abordagem não disciplinar, porque os limites disciplinares provocam reducionismos inconsistentes com o mundo real, na medida em que enfocam separadamente as suas diferentes dimensões. A terceira diz respeito ao conceito de sinergia, visto que interage os elementos componentes de uma realidade concreta ou abstrata, produzindo algo maior do que a soma de suas individualidades.

As abordagens sistêmicas podem ser identificadas como *hard* ou *soft*, de acordo com o tipo de crença subjacente no tratamento dado aos problemas da realidade, havendo algumas que se caracterizam como intermediárias dos dois extremos. Segundo Andrade *et al.* (2006), as

abordagens *hard*, fundamentadas na crença de que todo problema pode ser definido e, portanto, uma resolução ótima poderá ser encontrada, são originárias da década de 1940, fruto do desenvolvimento de uma área da Engenharia chamada Pesquisa Operacional, com intenso viés quantitativo. Essas ferramentas tiveram seu aprimoramento e disseminação nas décadas de 1960 a 1980, em função do desenvolvimento dos computadores, sendo bastante utilizadas como apoio na tomada de decisões estratégicas, gerenciais e operacionais, em esferas como logística, produção, financeira, dentre outras. Já as abordagens *soft*, inicialmente desenvolvidas na década de 1970 (CHECKLAND, 2000) e com vasta aplicação em modelagem organizacional, assumem a ideia de que, na maioria das situações do mundo real, os problemas são difíceis de definir, pois os objetivos e os meios de se alcançar as soluções são partes essenciais da própria definição dos respectivos problemas, principalmente onde o fator humano predomina. Com efeito, essas abordagens não buscam uma solução, e sim aprender a partir da realidade e orientar ações sobre ela.

A abordagem da dinâmica de sistemas foi desenvolvida na década de 1950, como proposta inicial para auxiliar na administração de indústrias, podendo ser aplicada na modelagem e simulação de sistemas complexos em diversas áreas, como na Sociologia, Economia, Biologia, Medicina, dentre outras, conforme defende Forrester (1968). Rossoni (2006) e Fernandes (2001) afirmam que ela se enquadra como abordagem intermediária das perspectivas *hard* e *soft*, na medida em que, qualitativamente, pode ser utilizada para tornar mais visíveis sistemas humanos, enfatizando a importância de suas características estruturais e, quantitativamente, aproveitando essas características, pode desenvolver modelos de simulação dos sistemas para explorar suas evoluções ao longo do tempo. Consequentemente, é entendida como instrumento de autoaprimoramento, podendo servir como ferramenta de investigação e soluções de problemas, como projeto de solução ou laboratório de aprendizagem.

A dinâmica de sistemas é conceituada por Bastos (2003) como uma metodologia que busca: 1) mapear estruturas de sistemas

organizacionais ou sociais, no intuito de examinar as inter-relações de suas forças num contexto amplo, entendendo-as como parte de um processo integrado; e 2) compreender, por intermédio da simulação, como o sistema em foco evolui no tempo e como mudanças em suas partes afetam todo o seu comportamento. Para o referido autor, enquanto o uso da abordagem, no contexto dos negócios em geral, é utilizado com o propósito de encontrar as melhores formas de operar os sistemas, sob o ponto de vista da aprendizagem, seu uso não tem como principal objetivo a simulação exata do comportamento dos sistemas, e sim o aprimoramento dos modelos mentais.

Na dimensão da representação da realidade, por mais que a dinâmica de sistemas possua algumas limitações, as vantagens de sua boa prática são consideradas muito importantes na aprendizagem, principalmente por meio dos procedimentos de modelagem. Já na esfera da elaboração e avaliação de políticas, os modelos mentais e simulações, como elementos complementares aos instrumentos clássicos de planejamento e controle, auxiliam no entendimento das mudanças e transformações sociais e econômicas, podendo ser aplicados em procedimentos de decisão, na estruturação de políticas e na utilização de cenários.

Como exemplo de aplicação em estudos sobre as trajetórias de crescimento e desenvolvimento em economias, é oportuno citar Soto Torres e Lechón (2005), ao elaborarem um sistema dinâmico genérico para explorar as influências provocadas por diversas variáveis, como capital físico, capital humano e progresso tecnológico. Sob a perspectiva do desenvolvimento industrial, Scheel (2002) admite que as habilidades técnicas e empresariais, o investimento estrangeiro direto, a adequada infraestrutura e o uso eficaz da tecnologia são elementos fundamentais para a melhoria do desempenho de um setor econômico. O autor propõe modelos sistêmicos relacionados com a performance competitiva, voltada para mercado externo e com as atividades envolvidas na dinâmica de aglomerados, sugerindo o uso mais aprofundado da dinâmica de sistemas para identificar influências efetivas dos diversos elementos

envolvidos no desempenho individual das empresas e seus efeitos na alavancagem competitiva do setor.

Ainda no que diz respeito ao estudo do desempenho de setores econômicos, a dinâmica de sistemas é utilizada para estruturar modelos genéricos voltados à gestão de cadeias de suprimento (SAITO *et al.*, 1999; LOURENZANI, 2006) e aplicada em explorações de atividades econômicas específicas, como os estudos de Suárez e Pineda (2004) referentes ao setor de floricultura; os de Restrepo *et al.* (2005,) relacionados ao setor de produção de alimentos à base de carne; e os de Campa *et al.* (2005), dirigidos ao setor automobilístico de autopeças.

Vale ressaltar que, ante a evidente limitação de representar integralmente a realidade, a dinâmica de sistemas deve ser considerada uma ferramenta mais adequada ao aprimoramento do aprendizado para tomadas de decisão do que um instrumento de predição exata das tendências da realidade. Nessa perspectiva, os processos de simulação podem ser usados para explorar o comportamento do sistema em seu estado natural, isto é, a dinâmica do sistema no tempo conforme foi modelado ou seu comportamento pela modificação, nas condições iniciais, de certos parâmetros.

4 Aspectos metodológicos

O objetivo geral da pesquisa residiu em analisar sistemicamente os elementos envolvidos na dinâmica de enfrentamento dos desafios relacionados com o desenvolvimento do arranjo produtivo local de tecnologia da informação de Fortaleza. Especificamente, as ações da pesquisa visaram: 1) realizar a modelagem qualitativa, representativa do sistema relacionado com o desenvolvimento do arranjo produtivo local; 2) realizar modelagem computacional e simulações, de tal forma que possibilitem a visualização das dinâmicas relacionadas ao referido desenvolvimento; 3) identificar elementos e/ou estruturas de alavancagem do referido desenvolvimento; e 4) identificar opções de aplicação dos conhecimentos produzidos na indução do desenvolvimento do setor.

Levando em consideração os pressupostos sobre a natureza do ambiente de estudo e do nível de objetividade utilizado pela pesquisa, concebe-se que a abordagem incorporada se fundamenta, segundo Burrell (1999), no paradigma da sociologia funcionalista, baseada na noção de sistemas, integrando alguns elementos da perspectiva interpretativista. A pesquisa é de caráter exploratório e, em sua implementação, utilizam-se técnicas qualitativas e quantitativas nos processos de modelagem e simulação, por meio da dinâmica de sistemas, em sete etapas, adaptadas do método sistêmico proposto por Andrade *et al.* (2006).

A primeira etapa se caracterizou pela definição clara da situação de interesse do estudo, estabelecendo as questões norteadoras que deveriam ser respondidas para se medir o nível de atendimento dos objetivos. Nessa etapa, foram elaborados o esquema geral representativo da situação de interesse e o “*Rich Picture*”, também chamado de “*Figura Rica*”, por Horan (2000) e Andrade *et al.* (2006), o qual esboça as inter-relações gerais dos fluxos, atores, relacionamentos e modelos mentais envolvidos no sistema. Na etapa dois, tendo como núcleo do processo de modelagem o volume de vendas de produtos desenvolvidos pelas empresas locais, foram identificadas as variáveis diretamente relacionadas com a situação de interesse, gerando uma lista de variáveis, representativas das forças importantes, que estão atuando na realidade estudada, com suas respectivas características.

As etapas três, quatro e cinco foram integradas e realizadas simultaneamente. A terceira está relacionada com a elaboração do mapa sistêmico, contendo as relações causais entre as variáveis e evidenciando suas estruturas sistêmicas, com base em diagramas de enlace causal representativos da estrutura como um todo (sistema geral) e das suas respectivas estruturas internas (subsistemas). A quarta etapa compreendeu a identificação dos modelos mentais dos atores-chave vinculados às ações indutoras de desenvolvimento do APL, cujas crenças ou pressupostos impactam significativamente nas dinâmicas do arranjo. A identificação e a representação dos modelos mentais se caracterizaram pela adaptação da técnica chamada de “coluna da esquerda” (SENGE, 1998;1999), cujo objetivo consiste em identificar

os pressupostos por trás das afirmações realizadas por atores em determinado contexto.

Na etapa cinco, foram identificados/estimados os padrões de comportamento das variáveis e de suas relações. Na etapa seis, foram levadas a efeito a modelagem e a simulação computacional, usando a linguagem dos diagramas de estoque e fluxo, através do *software* Stella®, com o propósito de analisar o comportamento do sistema e suas respectivas partes no tempo. O termo Stella® é o acrônimo de *Structural Thinking Learning Laboratory with Animation*, representativo de uma ferramenta de modelagem computacional que usa a metáfora de tanques, válvulas e canos para visualizar dinamicamente o comportamento de sistemas (ISEE, 2007), cujas características gerais foram analisadas por Marcelino e Mendes (1994).

A validação dos modelos foi ancorada no conceito de utilidade ante o propósito do estudo, conforme sugerem Forrester (1968), Shreckengost (2002) e Roy e Mohapatra (2003), pois, como representação parcial da realidade, nenhum modelo é completamente válido. Além da análise da utilidade, foram realizados alguns dos testes indicados por Shreckngost (2002) para análise da estrutura e do comportamento dos modelos. Na etapa sete, foram identificadas estruturas alavancadoras do sistema, em função dos resultados obtidos nas modelagens e simulações, bem como identificadas possíveis opções para intervenção, tanto na perspectiva de reestruturação do sistema modelado quanto da aplicação do conhecimento adquirido no mundo real.

5 Resultados

Levando em consideração as características do arranjo produtivo local de tecnologia da informação de Fortaleza e a necessidade de estratégias efetivas de governança local para o enfrentamento dos desafios de desenvolvimento do setor, tornou-se relevante a definição da situação complexa de interesse, caracterizada por dois propósitos centrais: 1) conhecer o sistema sobre o qual as ações indutoras de desenvolvimento do APL atuam; e 2) conhecer as variáveis que

influenciam a competitividade do APL e como elas se relacionam entre si. Ancorados na identificação dos desafios do setor e nas respectivas opções de enfrentamento descritos por Galindo e Câmara (2007), os fatores críticos identificados como relevantes ao desenvolvimento do APL foram: 1) formação de alianças estratégicas; 2) ampliação do mercado; 3) consolidação do ambiente de inovação; e 4) fortalecimento da competitividade do APL.

O estabelecimento das variáveis relacionadas às dinâmicas de desenvolvimento do APL de tecnologia da informação (TI) de Fortaleza se fundamentou nas fontes descritas no quadro 1.

Quadro 1 – Referenciais balizadores para o estabelecimento das Variáveis-Chave relacionadas com o desenvolvimento do APL de TI de Fortaleza

TÓPICO	FONTE
Fatores endógenos de produção	(Amaral Filho, 1996)
Base da relação competitividade/produktividade e desenvolvimento local	(Albuquerque, 1998)
Principais vantagens competitivas locais	(Diniz e Barbosa, 2004)
Fatores alavancadores do crescimento e transformação do APL	(Diniz e Barbosa, 2004)
Condições para o desenvolvimento do APL	(Cassiolato e Lastres, 2002)
Fontes do desenvolvimento do APL e região	(Santos et al, 2004)
Ações de enfrentamento dos Desafios do Setor e TI de Fortaleza	Galindo e Câmara (2007)
Diretrizes para coleta de dados sobre Inovação Tecnológica (Manual Oslo)	(OECD, 1997)
Indicadores de Inovação Tecnológica na América Latina e Caribe (Manual de Bogotá)	(OEA, 2001)

Fonte: Própria pesquisa.

A modelagem sistêmica das dinâmicas de desenvolvimento do APL de TI de Fortaleza foi estruturada tendo como núcleo a competitividade geral do APL, a qual incorpora o volume de vendas de produtos elaborados pelas empresas locais de TI como variável-chave principal.

As variáveis-chave consideradas relevantes para a análise sistêmica do APL se conectam em seis dinâmicas inter-relacionadas: 1) dinâmica de atendimento da demanda por produtos de TI; 2) dinâmica da demanda de produtos de TI; 3) dinâmica de infraestrutura urbana vinculada ao APL; 4) dinâmica das atividades dos setores de apoio vinculados ao APL; 5) dinâmica de governança local; e 6) dinâmica de inovação tecnológica, conforme os diagramas de enlace causal apresentados no anexo 1.

Os modelos mentais subjacentes à intensidade de envolvimento de cada *stakeholder*, sistematizados e representados em *Rich Picture*, foram baseados nos interesses e receios relacionados com a execução de cada ação, pressupondo que, enquanto a perspectiva de atendimento dos interesses subjacentes aumenta o envolvimento do ator na execução de determinada ação, os receios atuam como inibidores do respectivo envolvimento.

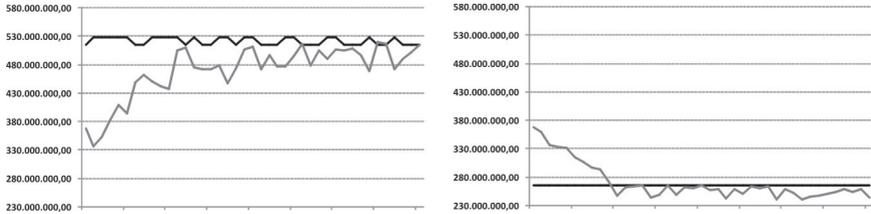
A modelagem e as simulações computacionais se amparam no uso de diagramas de estoque e fluxo como linguagem sistêmica e no uso do *software* Stella®. A parametrização foi baseada nos dados obtidos através de pesquisa e consulta com especialistas, buscando se aproximar ao máximo dos padrões de comportamento em situação real. Após processos de validação de suficiência de limites, de limites de comportamento e de sensibilidade do modelo, fundamentados no princípio de utilidade ante o propósito do estudo, foi definido como primeira versão operacional do modelo os diagramas de estoque e fluxo representados no Anexo 2.

As estruturas alavancadoras, consideradas, neste estudo, como pontos de governança sistêmica, dizem respeito aos pontos no mapa sistêmico (destacados no diagrama apresentado na figura 7 do anexo 1). Cada ponto de alavancagem assume o papel de núcleo estratégico de intervenção em cada dinâmica de desenvolvimento, servindo de plataforma para a implementação das seguintes políticas de governança local: 1) criação e fortalecimento de uma câmara de governança de TI do Ceará; 2) fortalecimento e ampliação dos cursos de formação profissional de nível técnico e superior em TI no Ceará; 3) criação e

fortalecimento de um observatório de TI capaz de servir como elemento de transferência e difusão tecnológica no Ceará; 4) implementação de campanhas e incentivos ao uso de TI no estado do Ceará; 5) elaboração e execução de um plano diretor de TI efetivo para o APL; e 6) elaboração e implementação de um plano de incentivo à parceria entre os setores de apoio ao APL localizados no estado do Ceará e às empresas de TI.

Para analisar o comportamento das dinâmicas de desenvolvimento do APL por intermédio dos pontos de alavancagem e das respectivas alternativas de políticas de governança local, foram elaborados três cenários. As variáveis de estado consideradas relevantes para analisar o comportamento do sistema foram a demanda por produtos de TI e o faturamento total do APL. Já as variáveis de cenário consideradas críticas, as quais tiveram seus valores alterados, foram: 1) grau de confiança mútua; 2) qualidade dos cursos de TI e dos ICTs; 3) transferência e absorção de tecnologias, conhecimentos e habilidades; 4) difusão da inovação; 5) necessidade, capacidade e interesses de investimento no Brasil; 6) necessidade, capacidade e interesses de investimento no exterior; 7) necessidade do Ceará de investimentos em TI atendidos pelo APL; 8) capacidade de atendimento das demandas de urbanização; 9) grau de externalidades dos serviços realizados; 10) qualidade dos serviços de urbanização; e 11) grau de atratividade do comércio local.

Foram simulados 12 cenários relacionados com os pontos de alavancagem representativos das dinâmicas de desenvolvimento em um período de 40 anos. Para proceder à análise, os resultados da demanda por produtos de TI e do faturamento total do APL foram comparados aos do cenário padrão do modelo, utilizando-se valores estimados para a quantidade de empresas de TI e profissionais ocupados no APL.



(a) Cenário Favorável

(b) Cenário Desfavorável

Gráfico 1 – Comportamento apresentado pelo Cenário de Alavancagem Geral de todas as Dinâmicas de desenvolvimento do APL de TI de Fortaleza

(D1+D2+D3+D4+D5+D6)

Fonte: Própria pesquisa.

Dentre todas as simulações realizadas, aquelas que apresentaram maior faturamento foram as que simularam alteração dos parâmetros nas dinâmicas de atendimento da demanda por produtos de TI e dinâmica de inovação tecnológica, bem como do cenário que incorporou as modificações em todas as variáveis intervenientes. Torna-se oportuno destacar que, sob a perspectiva dos contextos desfavoráveis, os cenários que obtiveram menor faturamento também foram os que simularam alteração dos parâmetros nas dinâmicas de atendimento da demanda por produtos de TI e de dinâmica de inovação tecnológica, bem como do cenário que incorporou as modificações em todas as variáveis intervenientes.

Foram realizadas duas simulações específicas com vistas a identificar a reação do APL ante as mudanças abruptas de contexto. Nessa perspectiva, promoveu-se um aumento de 50% na demanda em relação ao cenário padrão (representando a abertura de uma possível janela de oportunidade de mercado) e foram elaborados 10 cenários representativos das possíveis estratégias de governança. Logo após, foram realizadas 50 simulações para cada cenário, buscando identificar, mediante inspeção visual nos gráficos gerados, o ano em que o valor do faturamento atingiria o início de estabilização de máximo atendimento da demanda. Para comparar os resultados, foi realizada análise de variância (Anova One-Way), com o intuito de comparar as médias, utilizando o

ano como variável dependente e o teste de Tukey para identificar as diferenças significativas entre os diversos cenários simulados, com nível de significância de 0,5.

Verificou-se que o sistema reage ao choque, atingindo uma estabilização de atendimento da demanda em uma faixa que varia de 9 (nos cenários de governança, inovação e todos os fatores) até 26 anos (no cenário de comportamento natural do sistema, sem a implementação de políticas voltadas para a melhoria das condições do setor). Em comparação à reação natural do modelo, sem a implementação de políticas de melhorias, percebeu-se que as políticas individuais que obtiveram melhores resultados, mediante uma diferença estatisticamente significativa, foram: 1) fortalecimento do comércio local; 2) inovação tecnológica (aumento dos recursos + melhoria dos outros fatores); 3) governança; e 4) infraestrutura.

Já o menor valor encontrado foi aquele em que todos os fatores envolvidos nos cenários foram elevados, potencializando o comportamento das dinâmicas. Vale destacar que, por mais que as modelagens e simulações não pretendam assumir papel preditivo, as análises sugerem que ações fundamentadas em planejamentos estruturados – para obter resultados sólidos e sustentáveis em médio e longo prazo, fortalecendo, simultaneamente, as diversas dinâmicas de desenvolvimento – produzem os melhores resultados competitivos, refletidos em uma elevação da demanda por produtos desenvolvidos pelas empresas locais, bem como na elevação do faturamento gerado pelas relações comerciais das respectivas empresas.

6 Considerações finais

O presente estudo teve como objetivo proceder à modelagem e simulação dinâmicas de desenvolvimento do APL de TI de Fortaleza, identificando e modelando seis das suas dinâmicas, tendo como núcleo do processo de modelagem o volume de vendas de produtos desenvolvido pelas empresas locais e integrando um conjunto de variáveis-chave que foram consideradas como críticas para cada processo.

Ao se proceder à análise do mapa sistêmico gerado, foram destacados pontos de alavancagem que assumem o papel de núcleos, os quais devem ter especial atenção por parte dos *stakeholders* envolvidos com a condução estratégica do APL, servindo de plataforma para a implementação de várias políticas de governança local.

Sob a perspectiva da modelagem e simulação das dinâmicas em ambiente computacional, verificou-se que os impactos positivos de maior magnitude foram advindos da dinâmica de atendimento da demanda por produtos de TI e da dinâmica de inovação tecnológica. Quando, porém, todas as variáveis relacionadas aos pontos de alavancagem tiveram seus valores ajustados para um cenário favorável, o sistema apresentou o melhor desempenho dentre todas as simulações realizadas.

Com a simulação da abertura de uma janela de oportunidade de mercado que aumente abruptamente a demanda por produtos do APL, observou-se que a capacidade de atendimento da demanda pelo arranjo não ocorre de forma imediata, havendo um período de acomodação proveniente do tempo necessário para a utilização de profissionais qualificados e abertura de empresas. Vale destacar que o tempo gasto para o APL atender integralmente às demandas de mercado pode comprometer o interesse dos clientes em realizar transações comerciais na região.

Por mais que seja sempre necessário cautela no uso das informações geradas em procedimentos de modelagem e simulação para tomadas de decisões em situações reais, os resultados apontam para a importância de uma governança local comprometida em garantir condições que viabilizem a consolidação de um cenário favorável à alavancagem de todas as dinâmicas de desenvolvimento, de tal forma que o APL de TI de Fortaleza tenha condições de atender e ampliar adequadamente a demanda do mercado pelos seus produtos.

Levando em consideração o processo contínuo de aprendizagem e produção de conhecimento, sugere-se que façam estudos visando aprofundar a análise sobre as variáveis relacionadas com as dinâmicas de desenvolvimento do APL e aperfeiçoar os modelos sistêmicos representativos das dinâmicas de desenvolvimento do APL.

Referências

ALBUQUERQUE, Francisco. *Desenvolvimento econômico local e distribuição do progresso técnico: uma resposta às exigências do ajuste estrutural*. Fortaleza: BNB, 1998.

AMARAL FILHO, Jair do. Desenvolvimento regional endógeno em um ambiente federalista. *Planejamento e Políticas públicas*, Brasília, DF, n. 14, p. 35-70, dez. 1996.

ANDRADE, Aurélio L. et al. *Pensamento sistêmico: caderno de campo: o desafio da mudança sustentada nas organizações e na sociedade*. Porto Alegre: Bookman, 2006.

BASTOS, Alexandre Antunes Parreiras. *A dinâmica de sistemas e a compreensão de estruturas de negócios*. 2003. 135 f. Dissertação (Mestrado em Administração)-Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo.

BURRELL, Gibson. Ciência normal, paradigmas, metáforas discursos e genealogia da análise. In: CLEGG, Stewart R.; HARDY, Cynthia; NORD, Walter R. (Org.). *Handbook de estudos organizacionais: modelos de análise e novas questões em estudos organizacionais*. São Paulo: Atlas, 1999. v. 1, p. 399-462.

CAMPA, Ana Isabel et al. La industria de autopartes en México: perspectivas a futuro. In: CONGRESO LATINOAMERICANO DE DINÁMICA DE SISTEMAS, 3., 2005, Cartagena, Colômbia. *Anales...* Cartagena, Colômbia: Capitulo Latinoamericano da Sociedad Dinâmica de Sistemas, 2005. Disponível em: <www.ingenieriamatematica.com/congreso/tercero/index.html>. Acesso em: 9 dez. 2007.

CASSIOLATO, José Eduardo; LASTRES, Helena Maria Martins. O enfoque em sistemas produtivos e inovativos locais. In: FISCHER, Tânia (Org.). *Gestão do desenvolvimento e poderes locais: marcos teóricos e avaliação*. Salvador: Casa da Qualidade, 2002. p. 61-76.

CHECKLAND, Peter. Soft systems methodology: a thirty year retrospective. *Systems Research and Behavioral Science*, n.11, p. S11-S58, Nov. 2000.

COSTA, Maria Teresa. As pequenas e médias empresas no desenvolvimento local: conceito e experiências. In: GUIMARÃES, Nadya Araújo; MARTIN, Scott (Org.). *Competitividade e desenvolvimento: atores e instituições locais*. São Paulo: Senac, 2001. p.109-125.

CUNHA, Idaulo José. *Modelo para classificação e caracterização de aglomerados industriais em economias em desenvolvimento*. 2002. 135 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção)-Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

FERNANDES, Amarildo da Cruz. Dinâmica de sistemas e business dynamics: tratando a complexidade no ambiente de negócios. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 21., 2001, Salvador. *Anais...* Salvador: Associação Brasileira de Engenharia de Produção, 2001. Disponível em: <www.gpi.ufrj.br/artigos.htm>. Acesso em: 18 set. 2007.

FORRESTER, Jay Wright. Industrial dynamics: a response to Ansoff and Slevin. *Management Science*, v. 14, n. 9, p. 601-618, May 1968.

GALINDO, Alexandre Gomes; CÂMARA, Samuel Façanha. *Desafios relacionados com o arranjo produtivo local de tecnologia da informação de Fortaleza*: identificação de fatores críticos para uma governança local voltada ao desenvolvimento do setor. Laboratório de Simulação e Otimização Empresarial-LASO. Texto para Discussão-02. Fortaleza-CE: Instituto de Tecnologia da Informação e Comunicação-ITIC, 2007. Disponível em: <<http://www.insoft.softex.br/textoTecnico.aspx>> Acesso em: 5 dez. 2007.

HORAN, Pat. Using rich pictures in information systems teaching. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SYSTEMS THINKING IN MANAGEMENT, 1., 2000, Geelong, Austrália. *Annals...* Geelong, Austrália: University of Trier, 2000. Disponível em: <www.informatik.uni-trier.de/~ley/db/conf/icstm/icstm2000.htm>. Acesso em: 23 jan. 2008.

ISEE. Stella®: Systems thinking for education and research. IESSE-Systems. Disponível em: <<http://www.iseesystems.com/software/Education/StellaSoftware.aspx>>. Acesso em: 9 dez. 2007.

LOURENZANI, Wagner Luiz. Modelo dinâmico para a gestão integrada de empreendimentos rurais. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE DINÂMICA DE NEGÓCIOS, 1., 2006, Brasília, DF. *Anais...* Brasília, DF: Sociedade Brasileira de Dinâmica de Sistemas, 2006. Disponível em: <www.upis.br/dinamicadenegocios/>. Acesso em: 9 dez. 2007.

MARCELINO, Maria José; MENDES, Teresa. Estratégias e ferramentas para a construção de programas educativos de simulação. In: CONGRESSO IBERO-AMERICANO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 2., 1994, Lisboa. *Anais...* Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1994. Disponível em: <www.niee.ufrgs.br/ribie98/cong_1994/index.html>. Acesso em: 9 dez. 2007.

OECD. *Manual de Oslo*: proposta de diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre inovação tecnológica. Brasília, DF: FINEP, 2007.

ORGANIZACIÓN DE ESTADOS AMERICANOS. *Manual de Bogotá*: normalización de indicadores de innovación tecnológica em América latiny el caribe. Buenos Aires: Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología, 2001.

RESTREPO, Juan Carlos; RAVE, Juan Felipe; PENA, Gloria Elena. Planeamiento de políticas para la solución de problemas en pymes del sector de productos cárnicos. In: CONGRESO LATINOAMERICANO DE DINÂMICA DE SISTEMAS, 3., 2005, Cartagena. *Anais...* Cartagena: Capitulo Latinoamericano da Sociedad Dinâmica de Sistemas, 2005. Disponível em: <www.ingenieriamatematica.com/congreso/tercero/index.html>. Acesso em: 9 dez. 2007.

ROSSONI, Luciano. Modelagem e simulação soft em estratégia. *Revista Produção Online: Revista Científica Eletrônica de Engenharia da Produção da UFSC*, v. 6, n. 2, ago. 2006. <www.producaoonline.ufsc.br/v06n02/artigos.php>. Acesso em: 18 set. 2007.

ROY, Santanu; MOHAPATRA, Pratap K. J. Methodological problems in the formulation and validation of system dynamics models incorporating soft variables. In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE SYSTEM DYNAMICS SOCIETY, 21., 2003, New York. *Annals...* New York: System Dynamics Society-SDS / University at Albany. Disponível em: <www.systemdynamics.org/conferences/2003/proceed/papers/920.pdf> Acesso em: 23 jan. 2008.

SAITO, Jana Roiz; FIGUEIREDO, Reginaldo Santana; BATALHA, Mário O. Simulando cadeias agroindustriais. In: II WORKSHOP BRASILEIRO DE GESTÃO DE SISTEMAS AGROALIMENTARES, 2., 1999, São Paulo. *Anais...* São Paulo: Universidade de São Paulo, 1999. p. 45-55.

SANTOS, Gustavo Antônio Galvão dos; DINIZ, Eduardo José; BARBOSA, Eduardo Kaplan. Aglomerações, arranjos produtivos locais e vantagens competitivas locais. In: SEMINÁRIO ARRANJOS PRODUTIVOS LOCAIS COMO INSTRUMENTO DE DESENVOLVIMENTO: ARRANJOS PRODUTIVOS LOCAIS E DESENVOLVIMENTO. Versão preliminar (coletânea de artigos). Rio de Janeiro: BNDES. Rio de Janeiro, 2004. p. 17-47. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/conhecimento/publicacoes/catalog/s_apl.asp>. Acesso em: 11 jan. 2007.

SANTOS, Gustavo Antônio Galvão dos et al. Arranjos produtivos locais e o desenvolvimento regional. In: SEMINÁRIO ARRANJOS PRODUTIVOS LOCAIS COMO INSTRUMENTO DE DESENVOLVIMENTO: ARRANJOS PRODUTIVOS LOCAIS E DESENVOLVIMENTO. versão preliminar (coletânea de artigos). Rio de Janeiro: BNDES. Rio de Janeiro, 2004. p. 49-65. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/conhecimento/publicacoes/catalog/s_apl.asp>. Acesso em: 11 jan. 2007.

SCHEEL, Carlos. Technology cycle dynamic model for industrial development. In: CONGRESO LATINOAMERICANO DE DINÂMICA DE SISTEMAS, 2002, Monterrey. *Annals...* Monterrey: Capitulo Latinoamericano da Sociedad Dinâmica de Sistemas, 2002. Disponível em: <<http://dinamica-sistemas.mtyitesm.mx/congreso/home.html>>. Acesso em: 9 dez. 2007.

SENGE, Peter M. *A quinta disciplina: arte e prática da organização que aprende*. 3. ed. São Paulo: Best Seller, 1998. p. 201-232.

SENGE, Peter M. *A quinta disciplina: caderno de campo*. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1999. p. 221-276.

SHERECKENGOST, Raymond C. Dynamic simulation models: how valid are they?. In: ROAD Maps: a guide to learning system dynamics. Cambridge, MA: Massachusetts Institute of Technology, 2002. Road Maps 5. Disponível em: <<http://sysdyn.clexchange.org/road-maps/rm-toc.html>>. Acesso em: 23 jan. 2008.

SILVEIRA, Caio Mário. Desenvolvimento local: concepções, estratégias e elementos para avaliação de processos. In: FISCHER, Tânia (Org.). *Gestão do desenvolvimento e poderes locais: marcos teóricos e avaliação*. Salvador: Casa da Qualidade, 2002. p. 239-244.

SOTO TORRES, Maria Dolores; LECHÓN, Ramón Fernández. Trayectorias de desarrollo y crecimiento: un análisis sistémico. In: CONGRESO LATINOAMERICANO DE DINÁMICA DE SISTEMAS, 3., 2005, Cartagena. *Anais...* Cartagena: Capitulo Latinoamericano da Sociedad Dinâmica de Sistemas, 2005. Disponível em: <www.ingenieriamatematica.com/congreso/tercero/index.html>. Acesso em: 9 dez. 2007.

SOUZA, Renato Santos de. O funcionalismo sistémico nas teorias social e organizacional: evolução e crítica. *Revista de Economia e Administração*, v. 7, n. 1, p. 1-43, jan./fev. 2001.

SUÁREZ, Ângela Isabel Giraldo; PINEDA, Diana Milena Marín. La investigación y desarrollo em el sector floricultor: modelamiento y análisis. In: II Encuentro Colombiano de Dinámica de Sistemas, 2., Santa Marta, Colômbia. *Anais...* Santa Marta, Colômbia: Capitulo Latinoamericano da Sociedad Dinâmica de Sistemas, 2004. Disponível em: <<http://fis.unab.edu.co/2encuentros/index.html>>. Acesso em: 9 dez. 2007.

ANEXO 1: Diagramas de enlace causal das Dinâmicas de Desenvolvimento do APL de TI de Fortaleza

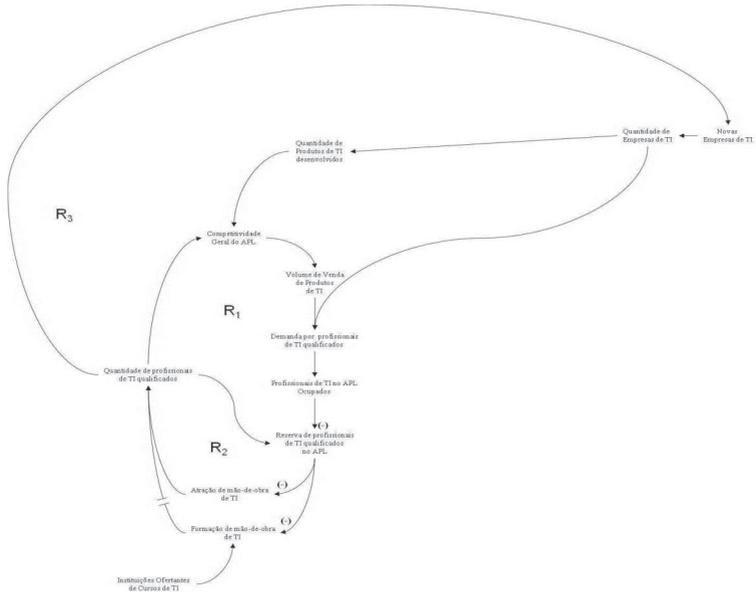


Figura 1 – Diagrama de Enlace Causal da Dinâmica de Atendimento da Demanda por Produtos de TI
 Fonte: Própria pesquisa.

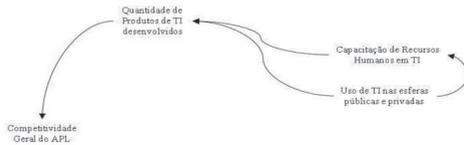


Figura 2- Diagrama de Enlace Causal da Dinâmica da Demanda de Produtos de TI
 Fonte: Própria pesquisa.

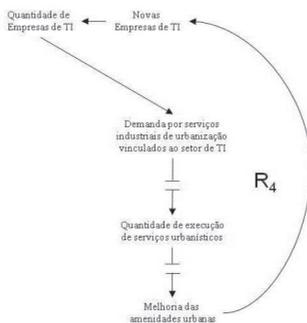


Figura 3 – Diagrama de Enlace Causal da Dinâmica de Infraestrutura Urbana vinculada ao APL
 Fonte: Própria pesquisa.

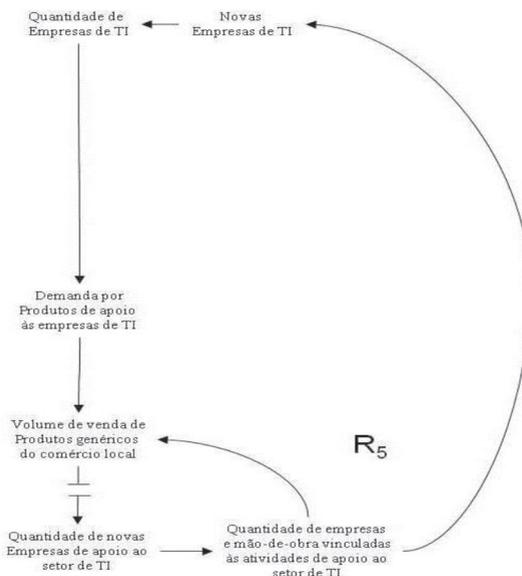


Figura 4 – Diagrama de Enlace Causal da Dinâmica das Atividades dos Setores de Apoio vinculados ao APL
 Fonte: Própria pesquisa.

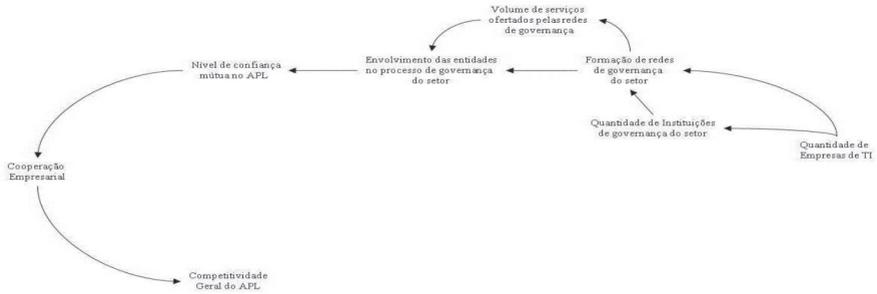


Figura 5- Diagrama de Enlace Causal da Dinâmica de Governança Local
Fonte: Própria pesquisa.

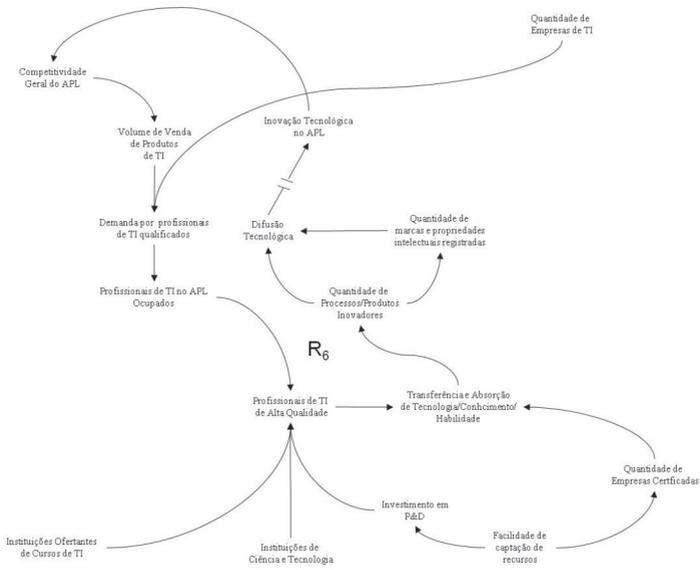


Figura 6 – Diagrama de Enlace Causal da Dinâmica de Inovação Tecnológica
Fonte: Própria pesquisa.

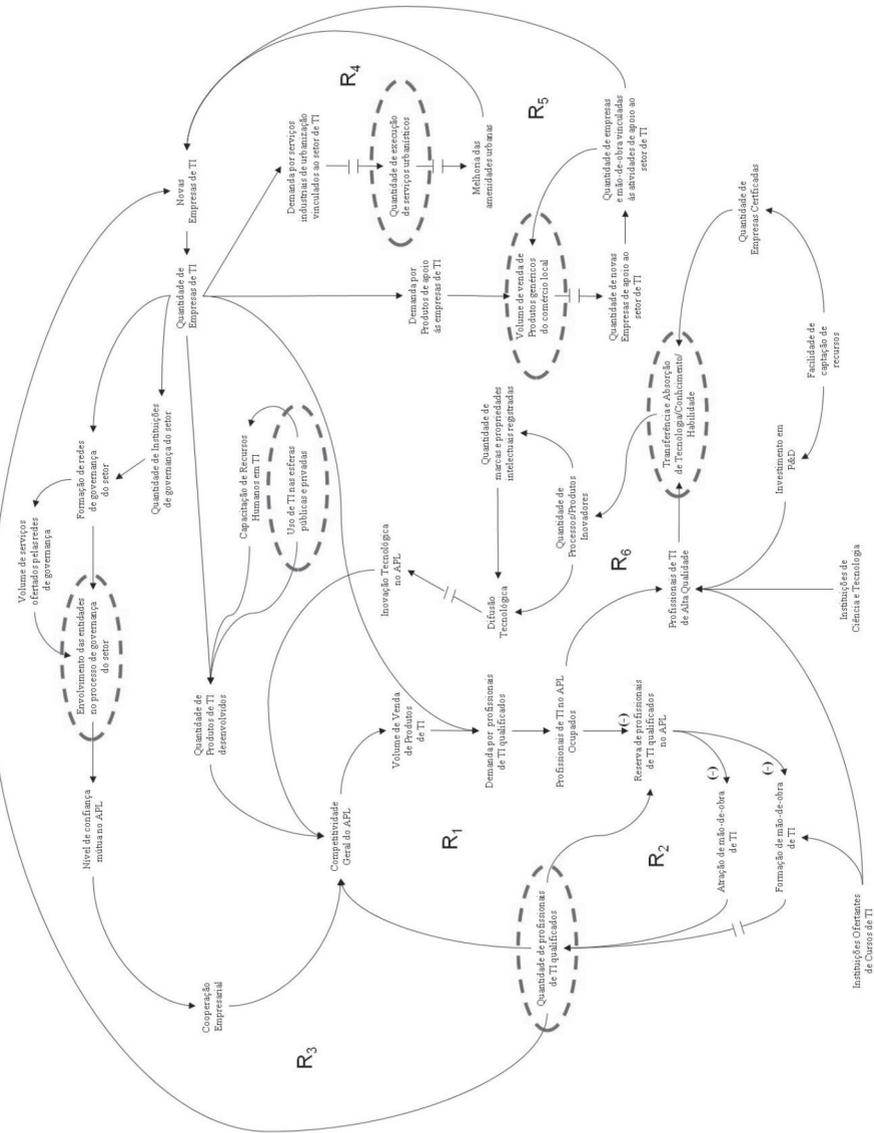


Figura 7 – Mapa Sistêmico consolidado das Dinâmicas de Desenvolvimento do APL e seus Pontos de Alavancagem
 Fonte: Própria pesquisa.

ANEXO 2: Diagramas de Estoque e Fluxo das Dinâmicas de Desenvolvimento do APL de TI de Fortaleza

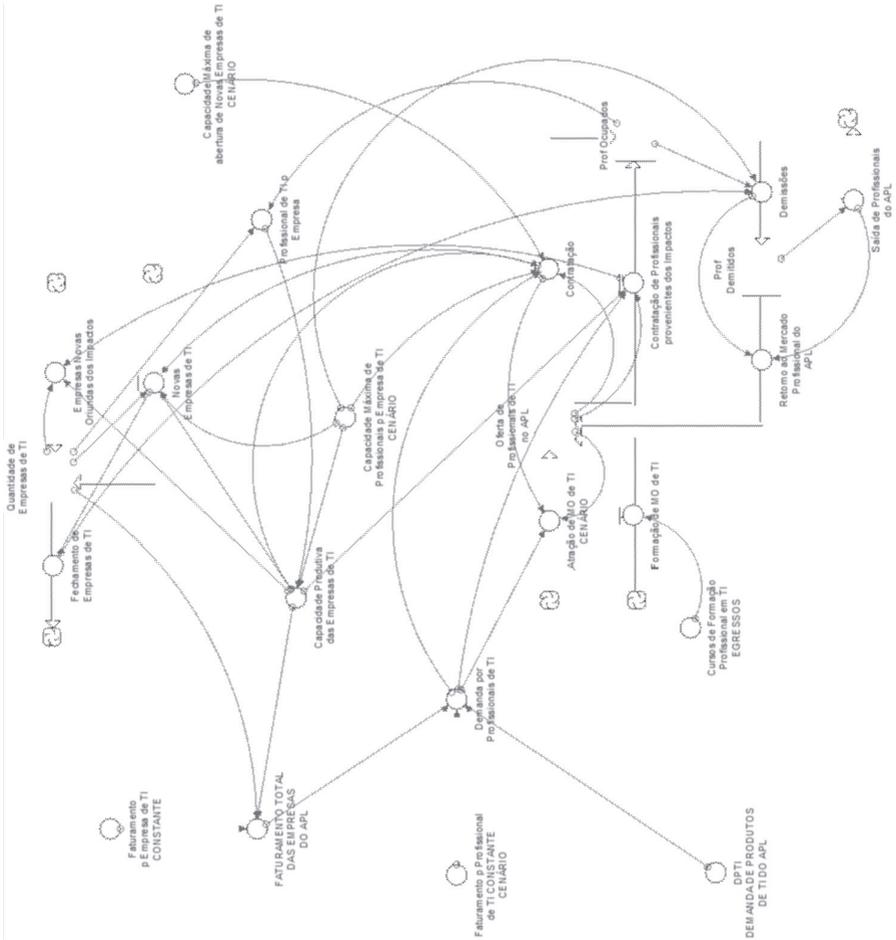


Figura 8 – Diagrama de Estoque e Fluxo da Dinâmica de Atendimento da Demanda por Produtos de TI
Fonte: Própria pesquisa.

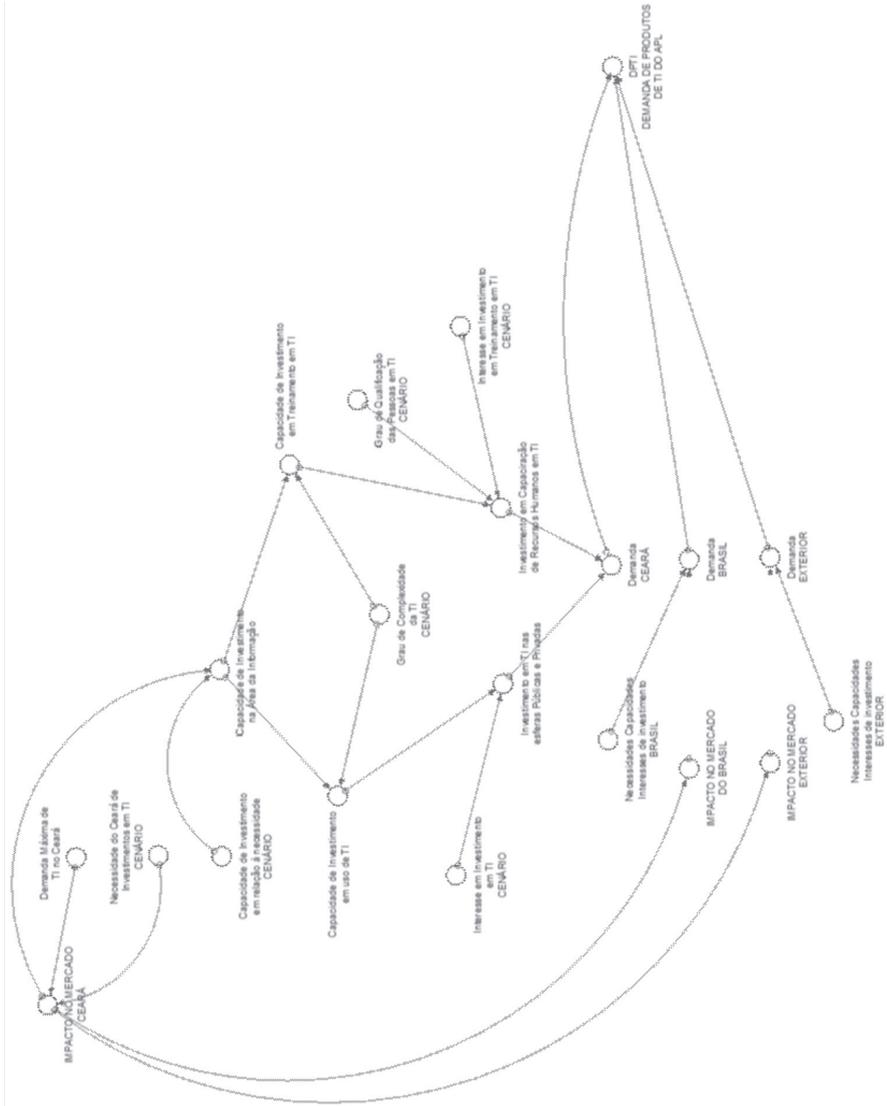


Figura 9 – Diagrama de Estoque e Fluxo da Dinâmica da Demanda de Produtos de TI

Fonte: Própria pesquisa.

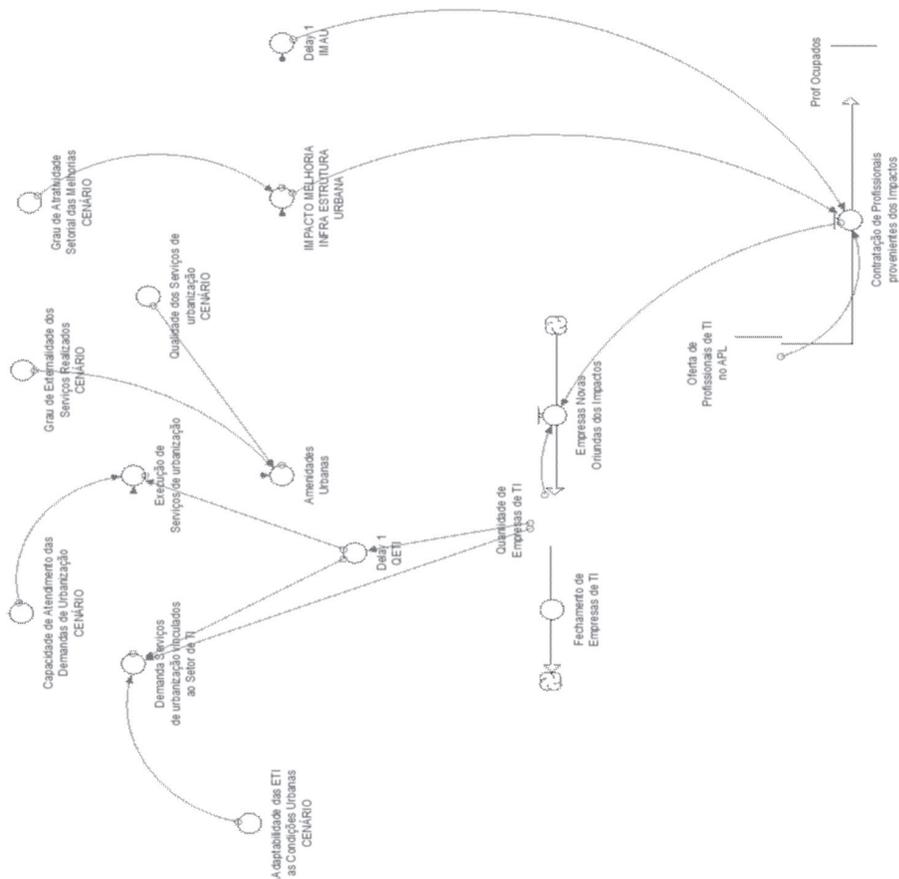


Figura 10 – Diagrama de Estoque e Fluxo da Dinâmica de Infraestrutura Urbana vinculada ao APL
 Fonte: Própria pesquisa.

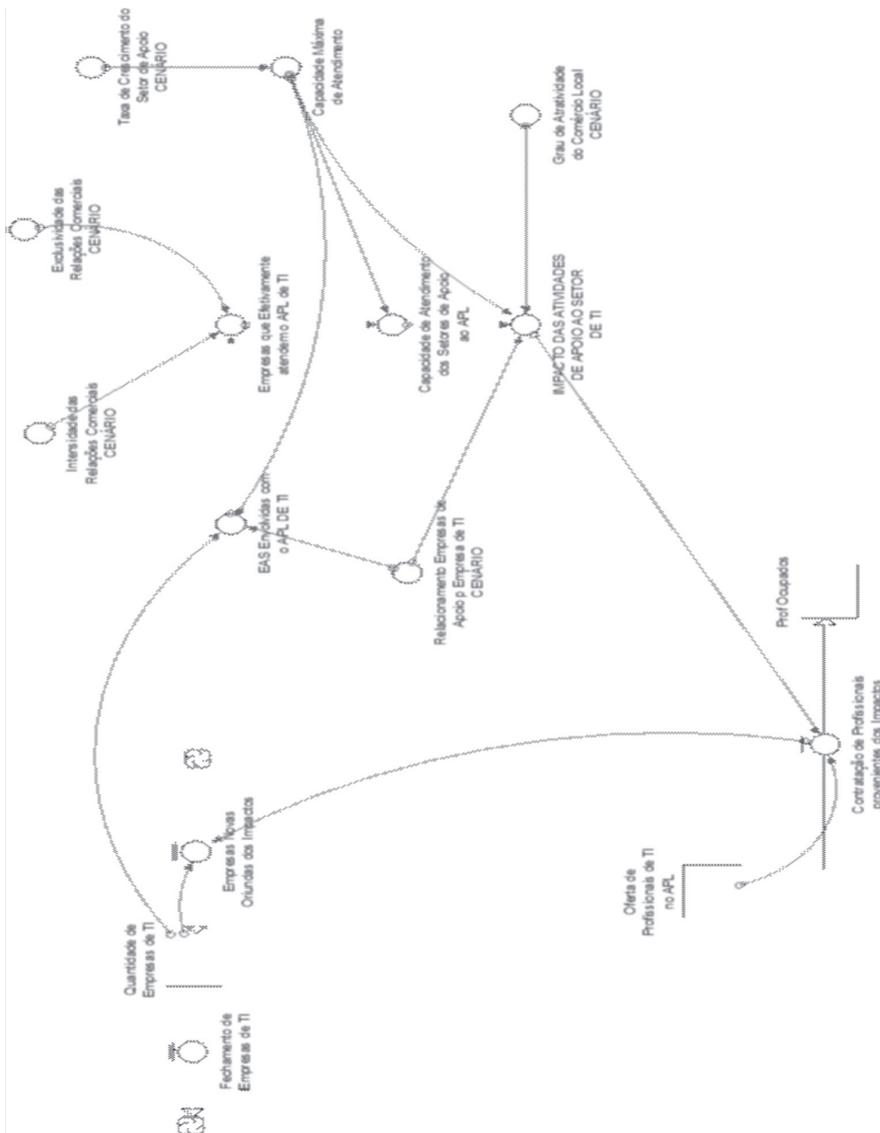


Figura 11 – Diagrama de Estoque e Fluxo da Dinâmica das Atividades dos Setores de Apoio vinculados ao APL

Fonte: Própria pesquisa.

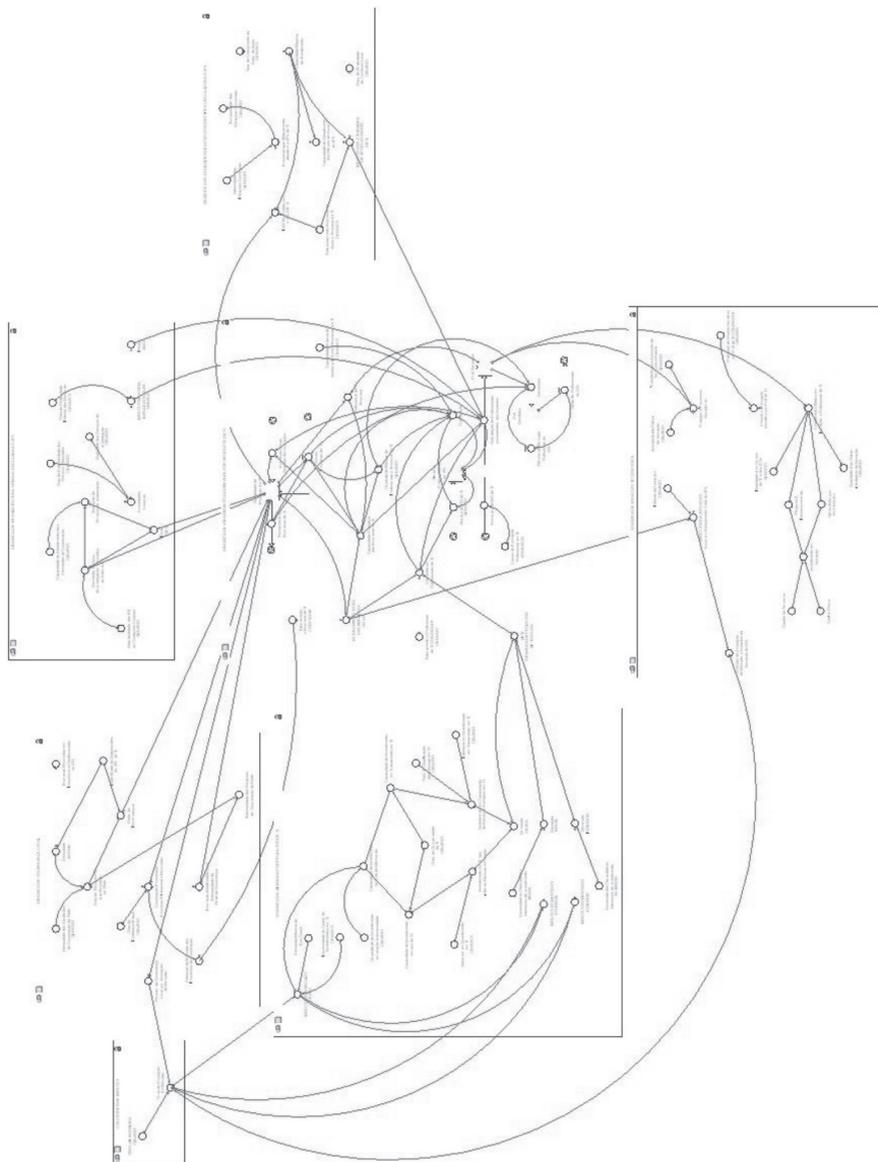


Figura 14 – Diagrama de Estoque e Fluxo Consolidado das Dinâmicas de Desenvolvimento do APL

Fonte: Própria pesquisa