



## **APRENDIZAGEM MEDIADA POR COMPUTADOR: METODOLOGIA PARA DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DE UM SOFTWARE DE SIMULAÇÃO NA FORMAÇÃO DE GESTORES EM SISTEMAS LOCAIS DE PRODUÇÃO**

Jader Cristiano Magalhães de Albuquerque<sup>1</sup>  
Renelson Ribeiro Sampaio<sup>2</sup>

### **RESUMO**

O presente artigo tem por objetivo discutir sobre o processo de aprendizagem por simulação computacional, mais especificamente trata do desenvolvimento e modelagem de um *software* que pode ser aplicado na formação e aperfeiçoamento de gestores públicos. Apresenta inicialmente o referencial sobre o uso de *softwares* na educação e suas categorizações. Em seguida descreve o objeto da simulação específica que são os Sistemas Locais de Produção (SLP), posteriormente discute sobre as etapas de construção do modelo computacional que permitiu elaborar a respectiva simulação e conclui apontando o potencial de mediação da ferramenta para a formação e aperfeiçoamento de gestores públicos, na área dos SLPs.

**Palavras-chave:** Aprendizagem mediada por computador. Simulação computacional. *Software* educacional. Formação de gestores públicos. Sistemas Locais de Produção. Modelagem computacional.

### **COMPUTER-MEDIATED LEARNING: METHODOLOGY FOR THE DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF SIMULATION SOFTWARE TO TRAIN MANAGERS IN THE LOCAL PRODUCTION SYSTEMS**

### **ABSTRACT**

This article is intended to discuss the learning process through computer simulation. It deals specifically with the development and modeling software that can be used for training and improvement of public managers. It first presents the references regarding the use of educational software and the different software categories. Then, it describes the specific simulation objects, which are the local production systems (LPS). Afterwards, it discusses the steps to build the computational model which established its simulation and concludes by identifying the mediating tool potential for training and improvement of public managers in the LPS area.

**Keywords:** Computer-mediated learning. Computer simulation. Educational software. Training of public managers. Local production systems. Computational modeling.

## **1. INTRODUÇÃO**

O desenvolvimento deste artigo tem como ponto de partida uma tese de doutorado, abrigada no programa de doutorado multidisciplinar e multi-institucional em

---

<sup>1</sup> Universidade do Estado da Bahia - UNEB: jadercma@gmail.com

<sup>2</sup> Faculdade SENAI Cimatec: renelson.sampaio@fieb.org.br

difusão do conhecimento (DMMDC) que tem como instituições parceiras a UFBA, UNEB, UEFS, SENAI, UFABC, IFBA. A tese com previsão de término em 2013 tem por temática a modelagem computacional de Sistemas Locais de Produção (SLP) a partir da identificação e avaliação dos seus fatores estruturantes, ligados à produção, inovação e a difusão do conhecimento, objetivando desenvolver uma metodologia baseada na análise de dinâmica de sistemas.

Um dos produtos esperados do trabalho é um modelo computacional que possa simular o comportamento de um SLP através da manipulação dos parâmetros do sistema. Estes parâmetros estão associados a decisões a serem tomadas por gestores das diversas esferas, pública e privada, e pela estrutura de governança do sistema local testando hipóteses e avaliando o impacto de políticas de desenvolvimento.

O modelo a ser proposto caracteriza-se por si só como um veículo de difusão do conhecimento na medida em que pode gerar novos conhecimentos a partir da interação com o *software* em desenvolvimento e este encapsula referências teóricas e empíricas em seu núcleo operacional.

Outra vertente para aplicação do resultado da tese, e que é objeto de interesse deste artigo, visa discutir como um *software* do tipo simulação, com foco em Sistemas Locais de Produção, pode ser empregado na formação e aperfeiçoamento de gestores a fim de subsidiar a proposição de políticas mais eficazes no desenvolvimento territorial, especialmente em SLPs. Vale destacar que neste trabalho o foco será centrado na figura do gestor público, uma vez que na atual fase da pesquisa as interlocuções têm ocorrido com gestores da esfera pública, por outro lado, ao longo do texto os gestores privados, integrantes da estrutura de governança dos SLP's (que também podem ser beneficiados pelo potencial da simulação) também serão citados, mas serão objeto de estudo em um futuro artigo.

Entende-se que o tema desenvolvimento territorial e Sistemas Locais de Produção é de grande complexidade e que são poucos os referências e instrumentos que fazem uma abordagem integrada e sistêmica acerca da área (Cassiolato & Lattes, 2003). A proposição de um *software* de simulação, que permita ao gestor público bem como toda a estrutura de governança de um Sistema Local testar hipóteses e avaliar impactos de políticas econômicas, sociais e educacionais seria relevante para o desenvolvimento de ações direcionadas.

Neste artigo inicialmente será revisado o referencial sobre o emprego de *softwares* educacionais e de suas categorizações, posteriormente será discutido o conceito de Sistemas Locais de Produção, objeto temático do *software* a ser proposto. Na seção 3 será discutida a abordagem metodológica de dinâmica de sistemas como lastro para o desenvolvimento do modelo que irá gerar a simulação. Posteriormente será apresentada a metodologia empregada até o momento, bem como os resultados alcançados. Nas considerações finais serão discutidas as possíveis formas de emprego do *software* de simulação na formação e aperfeiçoamento de gestores públicos na área de SLP.

## **2. SOFTWARES EDUCACIONAIS: CATEGORIAS E POTENCIAIS.**

A aplicação do computador na educação e mais especificamente o emprego de *softwares* educacionais tem sido objeto de estudo de educadores e profissionais de informática os quais tem procurado, ao longo do tempo, traçar uma linha de convergência entre as teorias educacionais mais representativas e o desenvolvimento de ferramentas computacionais, buscando com isto incorporar aos *softwares* funcionalidades que expressem a essência de tais teorias. (VALENTE, 1999; ALTOÈ & PENATI, 2005)

Para Valente (2005) são as teorias interacionistas, inscritas em uma abordagem cognitivista, que têm fundamentado os estudos sobre *softwares* educacionais, fornecendo um lastro para a compreensão do processo de aprendizado como um ciclo, ou ainda como uma espiral. Neste contexto autores com Piaget (1978), Vigotsky (1998), Wallon (2007), D’Ambrosio (2005) e Kolb (KOLB, RUBLIN, MCINTYRE, 1986) são fundamentais para o aprofundamento destes estudos.

Os estudos de Piaget focam no processo de construção do conhecimento, para ele este fenômeno se dá a partir da relação do sujeito com outros sujeitos e/ou objetos, e tal construção pode ser explicada através do ciclo *assimilação-adaptação-acomodação*.

O trabalho de Vigotsky (1998) destaca a formação de dois níveis de desenvolvimento, o “real” que trata do conhecimento já adquirido e apropriado pelo aprendiz e o “potencial” que é o conhecimento que o aprendiz está prestes a apropriar-se mais ainda não domina e é através da mediação que ele será apresentado a este novo campo potencial. Este nível potencial é definido como zona de desenvolvimento proximal (ZDP).

Para David Kolb (1986) o processo de aprendizagem ocorre através de ciclos, definidos com as ações *experiência-reflexão-conceitualização-planejamento*. Para este autor a experiência vivida leva à reflexão, a partir da reflexão é possível estabelecer conceitos e a formalização dos conceitos permite estabelecer planos, projetar, diligenciar novas experiências.

O trabalho de D'Ambrosio compreende a aprendizagem pelo ciclo *realidade-reflexão-ação-realidade*, enfatizando a relação dialética desenvolvida na interação do sujeito com o espaço sócio-cultural. Neste ciclo a realidade significa o meio sócio-cultural, a reflexão significa o pensar sobre o meio, hipotetizar e conceituar sobre o meio enquanto que a ação trata do interagir com o meio sócio-cultural.

A partir destas perspectivas, Valente (1999) propõe outro ciclo de aprendizagem, especificamente voltada para a aprendizagem mediada por computadores, segundo o autor, o ciclo *descrição-execução-reflexão-depuração-descrição* descreve as fases cognitivas e sensório-motoras relativas à aprendizagem mediada por *softwares* e embora o ciclo tenha sido originalmente definido para orientar a interação através de linguagem de programação, especificamente o LOGO e o BASIC, pode ser extrapolada para qualquer categoria de *software* com emprego educacional.

No ciclo proposto por Valente, a descrição se dá quando o aprendiz descreve uma seqüência de comandos para o computador, a execução se dá quando o computador responde a estes comandos, a reflexão por parte do aprendiz ocorre no momento em que ele verifica se o que foi executado condiz com o que ele descreveu, esta ação gera reflexões que confirmam ou negam as premissas que o levaram à descrição inicial, haverá então uma depuração para aperfeiçoar ou corrigir o processo seguido de uma nova descrição. Neste momento o ciclo se repete até que os objetivos estabelecidos sejam alcançados ou que se perceba a existência de uma lacuna conceitual que não poderá ser superada sem uma mediação humana. Acrescente-se ainda que o modelo proposto pelo referido autor não poderá ser visto como um ciclo fechado e sim a partir da idéia de espiral, pois após cada reflexão, teremos um novo “nível” de desenvolvimento do aprendiz no curso do processo.

Além do ciclo de aprendizagem, Valente (2005) apresenta uma categorização de *softwares* quanto ao seu emprego na educação, para os fins deste trabalho trataremos de quatro categorias: Os tutoriais, a programação, a modelagem e a simulação.

- **Tutoriais:** Programas desta natureza apresentam o conteúdo em uma ou várias seqüências específicas, previamente estabelecidas e o papel do aprendiz é navegar pelas alternativas oferecidas, eventualmente podem ocorrer perguntas, testes para que aprendiz possa acessar uma nova informação. De maneira geral este modelo de *software* não leva a um processo reflexão-depuração aprimorado, pois os testes oferecidos pelo programa apenas verificam se o aprendiz fixou a informação fornecida, da mesma forma a descrição é muito limitada, consistindo apenas em comandos de busca.
  
- **Programação:** A aplicação de linguagens de programação como mediadoras do processo de aprendizagem é muito ampla, e cabem os quatro estágios do ciclo proposto por Valente, neste tipo de intervenção o aprendiz ganha o status de autor, na medida em que é a sua capacidade de descrever um problema (ou a solução deste) que permitirá a obtenção de um resultado. A seqüência dos ciclos é: (1) A descrição da resolução do problema através da linguagem de programação, que exigirá tanto o domínio da linguagem computacional como de instrumentos de compreensão teórico-práticas acerca do problema. (2) A execução da descrição pelo computador, permite ao aprendiz verificar o resultado e avaliar se sua compreensão sobre o problema conduziu ao resultado esperado. (3) A reflexão sobre o resultado alcançado produz vários níveis de abstração possibilitando que o aprendiz teorize sobre a sua compreensão do tema a partir da comparação do descrito com o executado. (4) A depuração do processo através de novas informações é motivada pela reflexão e leva ao refinamento e aperfeiçoamento das estratégias de descrição. A ação do aprendiz sobre um meio que é modelável aos seus comandos potencializa a incorporação do conhecimento gerado à matriz de saberes do aprendiz-autor (VALENTE, 2005).
  
- **Modelagem:** Esta categoria encontra semelhanças com os *softwares* tutoriais e com a programação, dependendo do grau de abertura ou flexibilidade do *software*. A atividade de modelagem de um fenômeno é tão ampla e complexa quanto o uso de uma linguagem de programação, pois ambos exigem o conhecimento sobre o fenômeno, a capacidade de abstração do mesmo a fim de representá-lo computacionalmente através de uma ferramenta própria para modelagem. A complexidade no caso da modelagem se

dará a partir da flexibilidade da ferramenta para construção do modelo, uma ferramenta mais flexível, poderá concretizar qualquer sistema, ou problema que se pretenda representar aproximando-se da linguagem de programação. Por outro lado, ferramentas mais restritas permitirão modelar apenas problemas de natureza específica como, por exemplo, sistemas elétricos ou projetos de engenharia, o que pode reduzir o alcance do processo de aprendizagem.

- **Simulação:** Esta categoria também encontra proximidade dos *softwares* tutoriais e programação, a princípio tem-se um modelo pré-definido que representa um fenômeno qualquer e o aprendiz tem a permissão para manipular parâmetros que interferem no comportamento do modelo. Existem duas categorias de simulação, as denominadas fechadas e as abertas. As simulações fechadas permitem apenas a alteração de um número restrito de parâmetros e o aprendiz não tem a possibilidade de interferir na forma como os parâmetros interagem ou nas regras de comportamento do modelo. A simulação aberta, além de permitir alterar os parâmetros de base do sistema, permite modificar algumas regras que compõem o modelo, ampliando-o. Nesta situação os *softwares* de simulação se aproximam da linguagem de programação.

A partir deste marco teórico sobre o emprego de *softwares* no processo de aprendizagem, será aprofundada a aplicação de duas categorias aqui discutidas, a modelagem e a simulação.

A modelagem será tratada sob o viés do pesquisador-autor que pretende desenvolver o modelo que represente e descreva o comportamento de um Sistema Local de Produção. A simulação será tratada com a perspectiva de formação e aperfeiçoamento de gestores da esfera pública que atuam na área de desenvolvimento territorial ou mesmo pelos gestores da governança dos SLPs.

O artefato final, objeto de simulação, apresenta-se então como um veículo de difusão do conhecimento que encapsula informações acerca do comportamento de SLP, que podem ser testados, avaliados e hipotetizados por profissionais tanto na condição de aprendizes como na posição desenvolvedores de políticas públicas.

### **3. OBJETO DA MODELAGEM E SIMULAÇÃO: OS SISTEMAS LOCAIS DE PRODUÇÃO.**

O termo Sistemas Locais de Produção encontra-se circunscrito na categorização de aglomerado local a qual é amplamente descrita por Cassiolato & Lastres ( 2003; 2005) desta forma, será abordado inicialmente esta definição mais ampla e posteriormente serão apresentados outros tipos específicos de aglomerados incluindo neste rol os SLPs.

Para Cassiolato & Lastres (2003) aglomerados locais caracterizam-se pela proximidade geográfica entre atores envolvidos de forma complementar em um mesmo processo produtivo:

Os aglomerados locais são aglomerados de agentes econômicos, políticos e sociais, localizados em um mesmo território, operando em atividades correlacionadas e que apresentam vínculos expressivos de articulação, interação, cooperação e aprendizagem. Incluem não apenas empresas – produtoras de bens e serviços finais, fornecedoras de insumos e equipamentos, prestadoras de serviços, comercializadoras, clientes, etc. e suas variadas formas de representação e associação, mas também diversas outras instituições públicas e privadas voltadas à formação e treinamento de recursos humanos, pesquisa, desenvolvimento e engenharia, promoção e financiamento. (pag. 3)

Os aglomerados locais permitem ganhos de externalidade e aumentam a capacidade competitiva das organizações participes onde as reduzidas distâncias geográficas, a capacidade de articulação e a geração e o compartilhamento do conhecimento endógeno sustenta estes ganhos.

A partir do conceito apresentado pelos autores, estabelece-se uma hierarquia conceitual, abrangente, onde os aglomerados englobam inúmeras categorias teóricas que por um lado se distinguem principalmente pelos modelos de governança e pela forma de enraizamento na região e por outro se aproximam pelo foco na confiança e cooperação. Os autores Cassiolato & Lastres (2003) apresentam uma vasta tipologia de aglomerados locais, a seguir serão descritos quatro casos particulares:

**Clusters:** Refere-se à aglomeração territorial de empresas, com características similares, enfatizando em algumas concepções mais o aspecto da concorrência, do que o da cooperação, como fator de dinamismo. Algumas abordagens reconhecem a importância da inovação, que é vista, porém, de uma maneira simplificada (por exemplo, como aquisição de equipamentos). Não contempla necessariamente outros atores, além das empresas, tais

como organizações de ensino, pesquisa e desenvolvimento, apoio técnico, financiamento, promoção, entre outros.

**Distritos Industriais:** Refere-se a aglomerações de empresas, com elevado grau de especialização e interdependência, seja de caráter horizontal (entre empresas de um mesmo segmento, ou seja, que realizam atividades similares) ou vertical (entre empresas que desenvolvem atividades complementares em diferentes estágios da cadeia produtiva). No Brasil, utiliza-se frequentemente a noção de distrito industrial para designar determinadas localidades ou regiões definidas para a instalação de empresas, muitas vezes contando com a concessão de incentivos governamentais.

**Arranjos produtivos locais:** São aglomerações territoriais de agentes econômicos, políticos e sociais – com foco em um conjunto específico de atividades econômicas – que apresentam vínculos mesmo que incipientes. Envolve a participação e a interação de empresas – que podem ser desde produtoras de bens e serviços finais até fornecedoras de insumos e equipamentos, prestadoras de consultoria e serviços, comercializadoras, clientes, entre outros – e suas variadas formas de representação e associação. Incluem também diversas outras organizações públicas e privadas voltadas para: formação e capacitação de recursos humanos, como escolas técnicas e universidades; pesquisa, desenvolvimento e engenharia; política, promoção e financiamento.

**Sistemas produtivos e inovativos locais:** segundo Cassiolato & Lastres (2003)

“Referem-se a aglomerados de agentes econômicos, políticos e sociais, localizados em um mesmo território, que apresentam vínculos consistentes de articulação, interação, cooperação e aprendizagem. Incluem não apenas empresas – produtoras de bens e serviços finais, fornecedoras de insumos e equipamentos, prestadoras de serviços, comercializadoras, clientes, etc. e suas variadas formas de representação e associação – mas também outras instituições públicas e privadas voltadas à formação e treinamento de recursos humanos, pesquisa, desenvolvimento e engenharia, promoção e financiamento”. (CASSIOLATO & LASTRES, pag. 6, 2003).

Neste caso, a diferença marcante entre os Sistemas Produtivos e inovativos Locais e os APL's é que o primeiro são aqueles arranjos produtivos mais articulados onde o nível de governança permite denominá-los de sistemas.

Para fins de desenvolvimento deste trabalho, será centrada atenção nesta última modalidade denominada de Sistemas Produtivos e Inovativos Locais, exatamente por incorporar as características estruturais e dinâmicas de um sistema. Por outro lado, esta terminologia será adaptada para a designação defendida por Suzigan (SUZIGAN et al, 2006) que referenda os Sistemas Locais de Produção (SLP) onde, considerando a complexidade do aspecto inovação, em uma fase preliminar do estudo, a ênfase maior destes sistemas deva ser primeiramente no aspecto da localidade (que coaduna com a perspectiva da pesquisa do doutorado que lastreia este artigo) e em segundo lugar na estrutura produtiva e embora não desconsiderada na terminologia, a inovação será abordada, com um dos fatores determinantes para a estruturação de um SLP.

Os quatro conceitos apresentados, classificados como tipos de Aglomerados locais, trazem com ponto de interseção as seguintes características (SUZIGAN et al, pag.5, 2006).

(i) existência de um amplo contingente de mão-de-obra especializada e com habilidades específicas ao sistema local; (ii) presença e atração de um conjunto de fornecedores especializados de matéria prima, componentes e serviços, e (iii) grande disseminação dos conhecimentos, habilidades e informações (*spill-overs*), entre os atores locais.

Por outro lado, a designação Sistema encontra-se presente apenas na última tipologia apresentada, destacando então o papel da articulação e integração estruturada e sistêmica entre os diversos atores envolvidos no processo produtivo.

A descrição aqui apresentada não esgota toda a discussão da temática, mas oferece as bases conceituais preliminares para o desenvolvimento do artigo. A proposição de um modelo para representação do comportamento de um SLP encontra destaque inicialmente por que é um tema que necessita de uma abordagem integradora do objeto, multireferencial e multidisciplinar, envolvendo análise econômica, social e histórico-cultural. Considere-se ainda que a temática de desenvolvimento territorial e desigualdades regionais são de extrema relevância para a proposição de políticas públicas e traz impacto direto no bem estar da sociedade. Por conseguinte a formação de gestores públicos, que tenham a

percepção do alcance de estratégias de desenvolvimento, que racionalizem o uso do recurso público trará significativa contribuição para projetos nesta área.

Na próxima seção será discutido o referencial teórico que sustenta a metodologia empregada para a modelagem computacional do SLP a fim de obter-se um *software* de simulação.

#### **4. MODELAGEM COMPUTACIONAL BASEADA EM DINÂMICA DE SISTEMAS.**

Esta seção tem por objetivo discutir sobre a metodologia e técnicas associadas à dinâmica de sistemas que serão empregadas como suporte conceitual e também metodológico para o desenvolvimento do protótipo voltado à simulação do comportamento de um SLP.

Os estudos sobre dinâmica de sistemas, fundados por Jay Forrester (1961) a partir de trabalhos desenvolvidos para compreender complexos processos de negócios intra e extra-organizacionais, têm por objetivo descrever a dinâmica de interação de sistemas sociais ou técnicos, permitindo a simulação e criação de cenários que ampliem a compreensão do seu comportamento, segundo Forrester (1961: pag 7) a Dinâmica de Sistemas “Trata as interações entre os fluxos de informação, dinheiro, pedidos, materiais, pessoa, e equipamento capital em uma companhia, uma indústria, ou uma economia nacional”.

A dinâmica de sistemas é uma metodologia de compreensão e representação de fenômenos, que tem sua origem circunscrita na Teoria geral dos sistemas (TGS). A TGS evoluiu dos estudos de pesquisadores que atuavam no campo das ciências biológicas, na década de 1920. Estes pesquisadores verificaram a incompletude dos estudos de causalidade e formulações matemáticas empregadas para compreender o comportamento do nicho ecológico de determinadas espécies. A complexidade e não linearidade dos comportamentos causava estranheza e as teorias vigentes não davam conta de explicar, assim uma abordagem tratada como sistêmica, avaliando cada componente e o seu comportamento em particular e, ao mesmo tempo, registrando as interações entre os mesmos e o efeito sobre o total de forma integrada, formou o embrião da TGS. Os trabalhos do biólogo austriaco Ludwig von Bertalanffy, publicados entre 1950 e 1968 tornaram-se o marco da TGS (BUCKLEY, 1976).

Outro trabalho de grande relevância para o desenvolvimento da teoria sobre dinâmica de sistemas são os estudos de Nobert Wiener (1970) sobre cibernética. Em seu trabalho Winer discorre sobre a importância da estrutura ou conformação de um sistema na compreensão do seu comportamento, além disso trata dos mecanismos de informação e retoralimentação existentes em todo o sistema e que determinam a sua capacidade (em maior ou menor grau) de se adaptar a ajustar a interferências (BUCKLEY, 1976). Ainda sobre a consolidação da Teoria da Dinâmica de Sistemas, Sterman (2000) aprofundou estudos no desenvolvimento de aplicações, e refinamento das etapas metodológicas para aplicação desta teoria em sistemas sociais e econômicos.

#### 4.1 APROFUNDANDO NA DINÂMICA DE SISTEMAS

A abordagem de Dinâmica de Sistemas pode ser compreendida como um regime de signos e como tal é possível desenvolver sistemas descritivo-narrativos e comportamentais que permitam a modelagem de sistemas tecnoprodutivos, sociotécnicos e socioeconômicos. (STERMAN, 2000)

Ainda para Sterman (2000) a Dinâmica de Sistemas é fundamentalmente uma área de estudos interdisciplinar, indo além da técnica de elaboração de modelos matemáticos, pois o comportamento de sistemas complexos e sua dinâmica estão fundamentados nos estudos de dinâmica não linear e controle por retoralimentação (WINNER, 1970), desenvolvidos nos campos da matemática, física e engenharia. O autor reforça a interdisciplinaridade dos estudos da dinâmica de sistemas complexos considerando ainda o seu amplo escopo de abrangência que vai desde o estudo do comportamento humano até a psicologia cognitiva, economia e outras ciências sociais.

O Autor enumera algumas propriedades de sistemas a serem consideradas as quais sustentariam o seu comportamento dinâmico e complexo:

- a) **Dinâmico:** Todos os sistemas se alteram ao longo de diferentes escalas de tempo, sejam em pequenas escalas como a combustão de um fósforo ou operação de um saque bancário ou em uma grande escala como o tempo de vida de uma estrela.
- b) **Interconectados:** Todos os sistemas, e seus respectivos componentes interagem entre si indefinidamente, as fronteiras entre sistemas são meramente conceituais e se delineiam

conforme a necessidade do observador em focar um problema, objeto ou fenômeno específico. Tudo no mundo está interconectado.

- c) **Não-lineares:** As relações de causalidade raramente seguem a mesma razão de proporção ao longo do tempo indefinidamente;
- d) **Histórico-Dependentes:** Os sistemas evoluem ao longo do tempo e quase sempre as mudanças advindas são irreversíveis. Sistemas sociais, econômicos e mesmo biológicos são predominantemente irreversíveis, a sua análise só é válida dentro de um horizonte de tempo definido.
- e) **Auto-organizáveis e adaptáveis:** A dinâmica de cada sistema emerge naturalmente do processo contínuo de interação entre os seus componentes e destes com o meio externo. Padrões de comportamento tendem a emergir e serem reforçados, sempre que bem sucedidos. Ao longo do tempo novas perturbações, internas ou externas ao sistema, tendem a provocar a adaptação dos padrões recorrentes e a instauração de novos comportamentos.
- f) **Não Intuitivo** (*counterintuitive*): As relações de causa e efeito nos sistemas complexos muitas vezes estão distantes no tempo e no espaço, e usualmente o observador procura as causas em eventos mais próximos do objeto de investigação, assim na maioria das vezes o processo intuitivo de compreensão de um sistema é errôneo.

As propriedades descritas destacam a natureza complexa da dinâmica dos sistemas justificada por sua não linearidade, interconexão e auto-organização e capacidade de adaptação. O entendimento de tais características ajuda a entender a necessidade de aprofundamento nos objetos de estudo cujos comportamentos são suscetíveis à representação sob a forma de sistema.

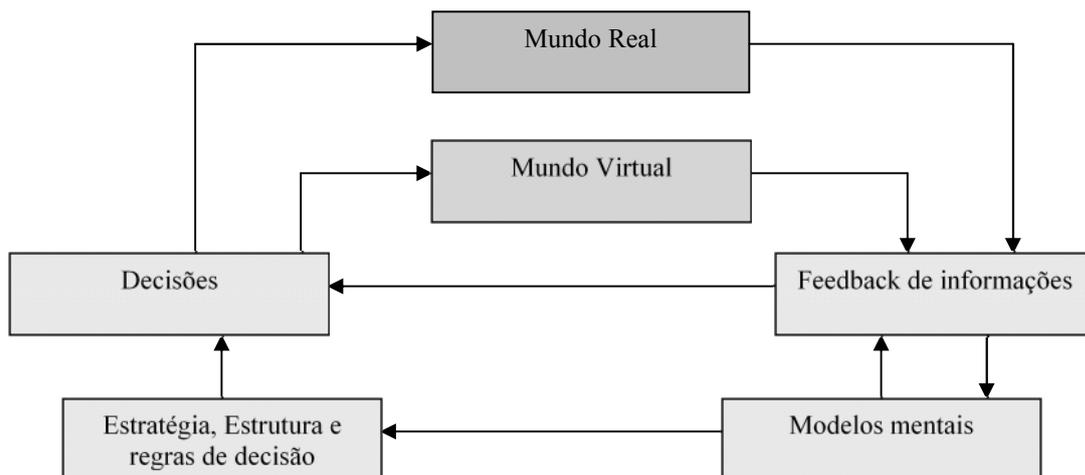
A compreensão do comportamento dinâmico dos sistemas complexos constitui-se em uma fase de aprendizagem, interativa, processual que demanda uma metodologia específica. A dinâmica de sistemas procura prover uma parte desta etapa metodológica oferecendo técnicas específicas para a modelagem de objetos e fenômenos do mundo real, classificados pela dinâmica de sistemas complexos.

Modelar um objeto ou um fenômeno significa capturá-lo do mundo real (ato) e trazê-lo para o mundo virtual, conceitual (potencia). Certamente, durante este processo de transposição existirão perdas de significados, pois o modelo não é o objeto, contudo, os signos utilizados no modelo serão aqueles, que sob o olhar do observador, melhor

representarão a essência do objeto analisado. De acordo com Stermán (2000), modelar é parte de um processo de aprendizagem de compreensão do mundo real, é interativo, é um processo contínuo de formulação de hipóteses, testes e revisões de modelos formais e mentais.

O autor propõe então um modelo que representa o processo de aprendizado baseado em experimentos do mundo real e o compara com o que ocorre no mundo virtual. No contexto aqui discutido, o mundo virtual refere-se a uma categoria defendida por Papert (1980) relacionada a modelos formais, simulações, artefatos e recursos onde o observador pode testar hipóteses sem interferir diretamente no curso natural do objeto. Os autores deste artigo reconhecem as diferentes abordagens concernentes ao Virtual, mas para os propósitos deste trabalho a conceituação de Papert revela-se mais adequada.

**Figura 1** – Processo de aprendizado: Modelagem de problemas do mundo real



Fonte: Adaptado de Stermán (2000, p.34)

Da figura acima fica evidenciada a estrutura proposta pelo autor para o processo de transposição dos problemas do mundo real para o mundo virtual. A retroalimentação ou *feedback* de informações que o observador recebe do mundo (que também pode ser interpretado como objeto) pode servir de imediato para a tomada de decisões ou ser representada em modelos mentais os quais também proveriam novos *feedbacks*. Os modelos mentais também poderiam subsidiar a definição de estratégias, estruturas e regras de decisões que apoiariam novas decisões, as quais poderiam ser aplicadas diretamente no mundo real ou poderiam ser simuladas, testadas, aplicadas em um mundo virtual. A seguir o

autor apresenta um quadro comparativo, apontando as divergências e convergências ao se desenvolver um processo interativo de aprendizado entre um sistema do mundo real e um sistema virtual.

**Quadro 1** – Comparação da interseção para aprendizado: Mundo Real – Mundo Virtual

<b>Etapas envolvidas</b>	<b>Mundo Real</b> Estrutura desconhecida; Complexidade dinâmica; Dificuldade em conduzir experimentos controlados;	<b>Mundo Virtual</b> Estrutura conhecida; Nível de complexidade variável; Experimentos controlados;
<i>Feedback</i> de informações	Percepção seletiva; Perda de <i>feedbacks</i> ; Ambigüidade; Atrasos nos tempos de resposta;	Completo; Acurado; <i>Feedback</i> imediato;
Modelos Mentais	Disciplinada aplicação de método científico; Mapeamento da estrutura de <i>feedback</i> ;	Disciplinada aplicação de método científico; Mapeamento da estrutura de <i>feedback</i> ;
Estratégia, estrutura e regras de decisão	Simulação utilizada para inferir a dinâmica dos modelos mentais	Simulação utilizada para inferir a dinâmica dos modelos mentais
Decisão	Implementação falha; Processo em curso; Inconsistência; O desempenho é a meta;	A implementação é perfeita; A aplicação das regras de decisão é consistente; O aprendizado pode ser a meta;

Fonte: Adpatado de Sterman (2000, p. 34)

No quadro comparativo fica evidenciado o controle existente no mundo virtual voltado para a simulação, as etapas definidas como Estratégia e Modelos Mentais não aparecem com divergência para ambas as situações, pois efetivamente eles desenvolvem-se no plano conceitual, idealizados pelo observador, a partir da sua estrutura cognitiva ou de modelos teóricos utilizados como referencia. Contudo para o *feedback* de informações e a tomada das decisões é possível avaliar com maior precisão tanto os estímulos captados quanto os resultados e respostas ao sistema. O Mundo virtual permite o desenvolvimento de um processo interativo constante com as variáveis controladas e adaptáveis conforme a necessidade, o que potencializa o aprendizado a partir do fazer e da interação continua.

Por outro lado, vale o destaque de que a tradução da dinâmica de um sistema complexo para um modelo de simulação reduz a variabilidade do mesmo e não é capaz de captar todas as nuances e imprecisões, contudo abre caminho para um conhecimento mais sistematizado e profundo que permite a aprendizagem pela interação. Junte-se a isto a relevância da metodologia para construção, refinamento e interação do modelo com a realidade, pois o objetivo maior reside no desenvolvimento de etapas metodológicas mais adequadas ao objeto de estudo, ou seja, a metodologia para descrever o modelo é mais relevante que o modelo em si, o qual estará sempre em construção e em confronto com a realidade complexa.

Na próxima seção será apresentado o processo metodológico desenvolvido que levou à construção da primeira versão do protótipo computacional que representará o SLP. Destaque-se aqui que a proposta do modelo está em construção uma vez que, conforme descrito na introdução deste artigo, a produção do artefato computacional é um resultado agregado à pesquisa de doutorado em curso.

## **5. PRIMEIRAS CONSTRUÇÕES: PROPOSTA DO MODELO**

Para iniciar o desenvolvimento do modelo partiu-se de uma hipótese que visa propor os fatores que interferem no comportamento e desenvolvimento de um SLP, considerando duas macro-categorias assim denominadas:

- Fatores Estruturantes da Produção: Trata de aspectos de territorialidade que contemplam características socioeconômicas e histórico-culturais. Aborda também estrutura de governança e estruturação da cadeia produtiva.
- Fatores de Inovação: Aborda aspectos relativos à educação, à acumulação tecnológica e ao processo de difusão do conhecimento e inovação.

Com a designação destes fatores, foi iniciado um trabalho empírico, através de referencial mais aprofundado sobre macro e microeconomia e desenvolvimento territorial para buscar os modelos matemáticos formais e em seguida foram identificadas fontes secundárias de dados a exemplo do IBGE (Instituto brasileiro de geografia e estatística) e IPEA (Instituto de pesquisas econômicas aplicadas) com vistas a fornecer indicadores que

atendam aos dois fatores apresentados acima, tais dados foram então empregados para convalidar os modelos matemáticos.

Não obstante, os dados a serem obtidos necessitam estar circunscritos em um limite de territorialidade e mais especificamente em um território cujas características aproximem-se do conceito de SLP. Desta forma, a partir de dados do IPEA foi identificado o município de Nova Serrana, situado no estado de Minas Gerais a 120 km de Belo Horizonte, que é conhecido como a capital nacional do calçado esportivo.

Este município compõe a região metropolitana de Minas Gerais, pertence a microrregião de Divinópolis, segundo Suzigan (SUZIGAN et alli, 2006) o município conta com 11.680 residências, 1.429 estabelecimentos industriais e 1.244 estabelecimentos comerciais no município; revelam também que há 11.000 terminais de telefonia fixa instalados e 3.000 aparelhos de telefonia móvel habilitados. Existe cerca de 900 indústrias da área de calçados gerando aproximadamente 15.000 empregos. Este município responde por quase 60% da produção brasileira de tênis. Existe uma atuação forte da associação comercial, do SEBRAE e verificam-se no campo da educação profissional a presença do SENAI, escolas técnicas e tecnológicas (CROCCO et alli, 2001).

A partir destes dados, a construção do referido protótipo pretende representar sinteticamente dois subsistemas: (1) Geração de Empregos e (2) Produção física. Enquanto protótipo, compreende-se que esta proposta ainda não abarca toda a hipótese colocada, suprimindo momentaneamente alguns fatores.

O subsistema de geração de empregos foi adotado neste protótipo por que é considerado, pelo Ministério do Desenvolvimento Indústria e Comercio como o principal indicador que evidencia a provável existência de uma atividade econômica concentrada em um determinado segmento produtivo. Através dos dados oficiais do ministério do trabalho, presentes no Cadastro Nacional de Geração de Emprego e Desemprego (CAGED), calcula-se o coeficiente de Gine Locacional. Este coeficiente é um indicador estatístico, quantitativo, que é utilizado para verificar a intensidade de determinada atividade econômica a partir do volume de empregos gerados, tal fato evidencia a possível existência de um Aglomerado Produtivo, focado em uma atividade econômica/produtiva específica.

O subsistema Produção Física foi adotado neste protótipo, pois juntamente com a geração de empregos é outra forte evidencia que existe uma aglomeração produtiva em

torno da mesma atividade industrial. O volume de produção e seu comportamento ao longo do tempo permitem inferir atividade industrial organizada.

Por outro lado, enquanto modelo fundamentado na Dinâmica de Sistemas, os dois subsistemas devem interagir. Geração de empregos e o volume de produção guardam correlação, desta forma, no protótipo proposto a correlação deu-se através de duas categorias de análise: o volume de vendas (*Sales* – medido em quantidade) interferindo no volume de Admissão (*Admission*) e o volume de força de trabalho (*Workforce*) contratada, que vem a interferir no volume de produção (*Production*). Além disto, considera-se a sincronicidade da variável tempo (*time*) para ambos os subsistemas. Considere-se ainda a interferência da variável “*capability rate*” ou índice de capacitação que fornece um indicador que avalia o grau de qualificação profissional de todo o sistema, esta variável deverá ser aperfeiçoada para permitir a aferição do potencial de conhecimento/ inovação do SLP.

A partir dos dados gerais sobre o município, e de séries históricas obtidas no IBGE, IPEA e CAGED/MTE foi desenvolvido o segmento computável do modelo. O protótipo foi concebido em quatro etapas:

a) Desenho do modelo conceitual, estabelecendo-se as correlações para o subsistema de Empregos e para o subsistema de produção isoladamente. Foi desconsiderado também os modelos matemáticos intrínsecos. Nesta etapa avaliou-se apenas os fluxos de entrada, o depósito e os fluxos de saída, não sendo modeladas as variáveis auxiliares. O *software* escolhido para a modelagem computacional foi o VENSIM, desenvolvido pela VENTANA Systems, a versão utilizada foi a acadêmica de número 5.9e de 2010.

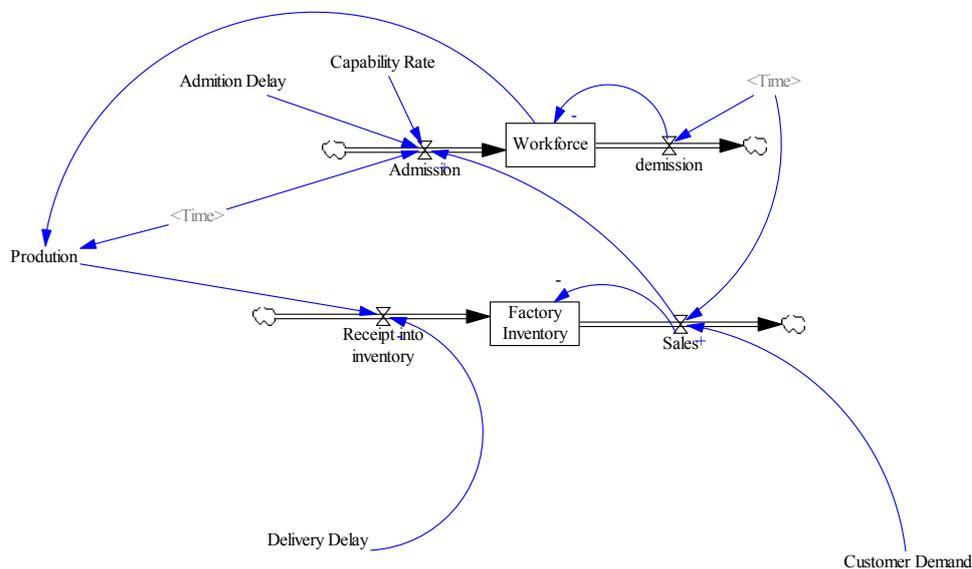
b) Foi elaborado um refinamento do modelo, apontando que outras variáveis externas, ou de correlação deveriam compor o protótipo, neste momento as variáveis auxiliares que registram o Retardo da Demanda e da Admissão, variável que calcula a produção e a variável que representam a taxa de consumo e a taxa de capacitação foram introduzidas. Esta última é de interesse especial para aprofundamento do modelo que pretende em uma versão futura modelar os processos informacionais, comunicacionais e a infra-estrutura de conhecimento, assim posteriormente esta taxa tornar-se-á um novo subsistema, o mesmo podendo acontecer com as demais variáveis.

c) Foram pesquisados os dados reais (do município de Nova Serrana) que descreviam o comportamento de empregos e produção física ao longo de determinado período. Foi identificado o período de 2000 a 2010. De posse disso foram elaborados gráficos e construídos modelos matemáticos utilizando-se da técnica de análise de regressão indexado pelo tempo (ano), em todos os casos foram encontradas funções polinomiais de segundo, terceiro e quarto graus.

d) O sistema foi novamente ajustado em função da inserção dos modelos matemáticos, sobretudo nas variáveis de fluxos, nas variáveis de depósitos e na variável auxiliar Produção. Foi inserida a variável de tempo para indexar o modelo matemática. Cada representação matemática estabelece mutua interferência conforme o desenho do fluxo de interação, gerando correlações estocásticas, probabilísticas, não determinísticas.

Segue abaixo a representação gráfica do modelo:

Figura 2 – Modelagem do SLP



Modelo APL – Nova Serrana (2000-2010). Fonte: Os autores.

Após a apresentação do modelo comportamental, ou seja da representação das interações entre os diversos componentes, segue o detalhamento das ações de cada componente do sistema, agrupado em três categorias características da modelagem de

dinâmica de sistemas: (1) *Stocks* ou depósitos – Representados por retângulos que indicam variáveis que acumulam valores e quantidades; (2) *Flow* ou fluxo – Representados por uma seta larga que indica um comportamento descrito por uma função matemática ou por uma tabela de valores que age ou evolui ao longo do tempo; (3) Variáveis – São acumuladores auxiliares e temporários para viabilizar a representação da dinâmica do modelo.

A partir da estrutura proposta, é possível verificar a correlação entre variáveis socioeconômicas e variáveis ligadas a conhecimento/ inovação, a descrição do comportamento das mesmas foi definido e deverão ser estabelecidos parâmetros e faixas de valores que possibilitem aos usuários/aprendizes manipular os indicadores e verificar o comportamento do sistema.

Como o projeto ainda não foi finalizado, não foram desenvolvidas experiências de aprendizagem com os gestores públicos aprendizes, neste caso a interação se deu sobre forma de pesquisa participativa, onde os gestores foram convidados a opinar sobre a estruturação da ferramenta e testar algumas funcionalidades, contudo, desde já podem ser identificados os potenciais de emprego da ferramenta a serem descritos nas considerações finais

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente artigo tratou do emprego de *softwares* de simulação no processo de formação e aperfeiçoamento profissional de gestores públicos, especificamente na área de desenvolvimento territorial através de Sistema Locais de Produção.

A proposta aqui discutida esta circunscrita em um Programa de Doutorado Multiinstitucional e Multidisciplinar em Difusão do Conhecimento, onde o foco da tese é propor uma metodologia para modelagem de SLPs e terá como outro resultado a produção de um modelo computacional, o qual será base para análises e simulações com vistas a oferecer suporte na concepção de políticas públicas nesta área.

Foi discutido inicialmente o referencial que trata do emprego educacional de *softwares*, considerando as contribuições das teorias da aprendizagem propostas por Piaget, Vigotsky, Wallon, D' Ambrosio e Kolb. O modelo de ciclo de aprendizagem proposto por Valente bem como a categorização de *software* educativo foi apresentado. Neste contexto, o modelo a ser desenvolvido criará um *software* de simulação do tipo fechado a ser utilizado

por gestores públicos. Sob a perspectiva do pesquisador a proposta de desenvolvimento é um *software* de simulação que se inicia com um trabalho de modelagem que permitirá ao autor-pesquisador não só descrever, mas também testar suas hipóteses sobre o comportamento de um SLP.

Em seguida foi discutida a abordagem de dinâmica de sistemas que oferece um arcabouço metodológico para tratamento de sistemas com elevado grau de integração e complexidade, foi apresentado um quadro que demonstra os potenciais de aprendizado a partir da simulação em sistemas dinâmicos. Esta metodologia esta sendo empregada na composição do modelo comportamental do SLP.

Na penúltima seção deste trabalho foram apresentadas as etapas metodológicas para realização da pesquisa, incluindo a identificação de um estudo de caso (Município de Nova Serrana) para validar o modelo. Discutiu-se os componentes do modelo que atualmente avalia os aspectos de produção e de contratação de pessoal, além de variável que avalia o conhecimento.

A aplicação do modelo enquanto *software* de simulação para o processo de formação e aperfeiçoamento dos gestores públicos poderá ser empregado de duas formas assim denominadas:

- Contextualização sistêmica – Ocorre quando um cenário, fora do ambiente computacional, é apresentado e discutido com o aprendiz. Após a análise do contexto o aprendiz é desafiado a tomar as decisões estruturais que permitirão reproduzir no ambiente computacional o cenário proposto, mediante alteração dos parâmetros configuracionais disponíveis. Neste caso, considerando o ciclo de aprendizagem proposto por Valente (2005) o processo de descrição, reflexão e depuração serão muito exigidos;
- Contextualização incremental – Consiste no teste de hipóteses, onde o mediador apresenta propostas para alterações dos parâmetros originais e solicita-se que o aprendiz teste as alterações no *software* e reflita sobre os resultados alcançados. Esta prática poderá ser integrada, ou seja, alterando inúmeras variáveis de uma só vez ou segmentada, testando incrementalmente um parâmetro por vez. Neste caso

dentro do ciclo de aprendizagem proposto por Valente (2005) o processo de descrição será menos exigido e a reflexão terá mais ênfase.

Além destas formas de aprendizagem apresentadas, outras técnicas poderão ser empregadas, contudo, a partir das experiências desenvolvidas ao lado de gestores públicos e do aperfeiçoamento do modelo testado em um contexto de aprendizagem, espera-se o estabelecimento de bases que subsidiem o desenvolvimento de políticas públicas na área de desenvolvimento territorial e ao mesmo tempo a interação com o artefato tecnológico irá gerar um processo de difusão do conhecimento acerca de SLP.

## REFERÊNCIAS

- ALTOÉ, Anair; PENATI, Marisa Morales. O Construtivismo e o Construcionismo Fundamentando a Ação docente. In: ALTOÉ, Anair; COSTA, Maria Luiza Furlan; TERUYA, Teresa Kazuko. **Educação e Novas Tecnologias**. Maringá: Eduem, 2005, p 55-67.
- BUCKLEY, Walter. **A Sociologia e a Moderna Teoria dos Sistemas**. SP: Cultrix, 1976.
- CASSIOLATO, J. E.; SZAPIRO, M. Uma caracterização de arranjos produtivos locais de micro e pequenas empresas. In: LASTRES, H. M. M.; CASSIOLATO, J. E.; MACIEL, M. L. (Orgs.). **Pequena empresa: cooperação e desenvolvimento local**. São Paulo: Relume Dumará, jul. 2003. Cap.2, pág. 35-50
- CASSIOLATO, J.; LASTRES, H. Novas políticas na era do conhecimento: O foco em arranjos produtivos e inovativos locais. In **Parcerias Estratégicas**. Numero 17. Pag 05 a 29. Brasília: CGEE, 2003.
- CASSIOLATO, J.; LASTRES. Sistemas de Inovação e Desenvolvimento. **As implicações em política**. SÃO PAULO EM PERSPECTIVA, v. 19, n. 1, p. 34-45, jan./mar. 2005
- CROCCO, M.; SANTOS, F.; SIMOES, R.; HORACIO, F. O arranjo produtivo calçadista de Nova Serrana. In: TIRONI, L. F. (Coordenador). **Industrialização descentralizada: sistemas industriais locais**. Brasília: IPEA, 2001.
- D'AMBROSIO, U. Armadilha da Mesmice em Educação Matemática. In.: **Boletim de Educação Matemática, BOLEMA**, ano 18, nº 24, Rio Claro: UNESP, 2005, p. 95-110.
- FORRESTER, Jaw W. **Industrial Dynamics**. USA: Productivity Press (Originally published by MIT Press, Cambridge, Mass), 1961. 464p.

KOLB, David, RUBLIN, Irwin, MCINTYRE, James. **Psicologia Organizacional** – uma abordagem vivencial. São Paulo: Ed. Atlas, 1986.

PIAGET, Jean. **Fazer e compreender**. 1. ed. São Paulo: Melhoramentos, 1978.

PAPERT, Seymour. Qual é a grande idéia? Passos em direção a uma pedagogia do poder das idéias. **Revista Teoria e Prática da Educação**, Edição Especial Educação e Informática, Maringá, v.6, n. 14, p. 369-387, 2003.

STERMAN, D. John. **Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for Complex World**. USA: McGraw-Hill, 2000. 982p

SUZIGAN, Wilson; FURTADO, João; GARCIA, Renato. **Identificação, mapeamento e caracterização estrutural de arranjos produtivos locais no Brasil**. Campinas: IPEA/DISET, 2006.

VALENTE, José Armando (org.). **O computador na sociedade do conhecimento**. 1. ed. Campinas: UNICAMP/NIED, 1999.

VALENTE, José Armando (Org.). **Computadores e conhecimento: repensando a educação**. 1. ed. Campinas: Gráfica Central da UNICAMP, 1993.

VALENTE, José Armando. **A espiral da espiral de aprendizagem: o processo de compreensão do papel das tecnologias de informação e comunicação na educação**. / José Armando Valente. UNICAMP – Tese de Livre Docência. Campinas, SP: 2005.

VIGOTSKY, Lev S. **A formação social da mente**. Livraria Martins Fontes Editora Ltda. 1998.

WALLON, Henri. **A Evolução Psicológica da Criança**. SP: Editora Martins, 2007

WIENER, Nobert. **Cibernética e Sociedade**. SP: Cultrix, 1970.

**RECEBIDO EM ... DE ... DE 2012.**

**APROVADO EM EM ... DE ... DE 2012.**