

## **Aplicação da dinâmica de sistemas para avaliações econômicas: um estudo de caso**

Vinicius Amorim Sobreiro (EESC/USP) sobreiro@sc.usp.br  
William Hajime Yonenaga (CESD/UFSCAR) yonenaga@terra.com.br  
Wilson Kendy Tachibana (EESC/USP) tachaban@prod.eesc.usp.br

**Resumo:** *Os métodos econômicos tradicionais não têm como realizar avaliações dos investimentos com precisão, pois existem várias limitações nos procedimentos matemáticos. Assim, devido à complexidade da estrutura de mercado, as avaliações dos investimentos precisam considerar as situações de riscos, pois expor o patrimônio de uma organização é uma tarefa muito árdua para ser executada. Para isso, o objetivo deste artigo é corroborar as taxionomias da literatura para análise de investimento expondo a aplicação das técnicas VPL e TIR em um projeto de investimento mediante o software STELLA de modelagem dinâmica visto que uma análise equivocada do investimento conduz a resultados não esperados. O método de pesquisa utilizado foi respaldado por meio de um embasamento teórico em que remete aos conceitos básicos dos métodos econômicos tradicionais e em seguida realizou-se um estudo de caso para implementar os métodos na prática. Com base nessa avaliação, os resultados obtidos por meio dessa pesquisa têm como subsidiar as tomadas de decisões dos gestores no âmbito organizacional.*

**Palavras-chave:** *Projeto de investimento; Dinâmica de sistemas; Métodos econômicos e riscos.*

### **1. Introdução**

Na atual conjuntura econômica mundial, a questão de análise de investimento é crucial e vital para a continuidade e sobrevivência das organizações. De acordo com Queiroz (2001), a análise de investimento exerce um papel fundamental na alocação eficiente dos escassos recursos perante um ambiente organizacional.

Segundo Securato (1996), as decisões financeiras em condições de risco apresentam o significado se administração financeira da empresa foi um fracasso ou um sucesso perante as organizações. O risco pode ser compreendido, segundo Gitman (2006), como uma dada possibilidade da variabilidade de retornos, ou seja, se os benefícios esperados ou exigidos podem remunerar os investimentos efetuados.

Kassai et al. (2000) não vislumbravam que o fato da produção futura ser duvidosa na utilização dos métodos tradicionais de análise dos investimentos. Com base nesse contexto, de produção futura duvidosa verifica-se a dificuldade das técnicas tradicionais de análise de investimentos em condições de risco, onde o financiamento do capital pode ser resultado de aplicação de capital próprio e de terceiros.

A partir disso, este presente trabalho tem como objetivo corroborar as taxionomias da literatura quando aplicados os métodos de análise de investimento em condições de risco em um estudo de caso. Visto que os mesmos auxiliam nas tomadas de decisões dos gestores nas organizações.

Na seqüência, este artigo está estruturado da seguinte maneira: na seção 2, apresentam-se os conceitos básicos referentes aos métodos tradicionais da engenharia econômica para avaliação de investimento; na seção 3, demonstram-se os conceitos básicos de teoria dos sistemas; na seção 4 aplicam-se os métodos de análise de investimento mediante o

software de dinâmica de sistema em um estudo de caso em seguida as reflexões finais.

## 2. Métodos tradicionais de engenharia econômica para avaliação de investimento

Os métodos tradicionais de análise para investimentos mais utilizados pelos gestores das organizações segundo Kassai et. al (2000) correspondem: (a) Valor Presente Líquido; (b) Taxa Interna de Retorno; (c) Taxa Interna de Retorno Modificada; (d) Payback Simples; (e) Payback Descontado; (f) Payback Duration; (g) Payback TIR ; (h) Payback MTIR; (i) Taxa de Retorno Contábil; (j) Valor Anual Uniforme Equivalente; (l) Custo Anual Equivalente; (m) Índice de Lucratividade; e (n) Índice de Rentabilidade (FIGUEREDO, 2003). Entretanto, Bailarine (2003) argumenta que os métodos mais relevantes são:

- Valor Presente Líquido: consiste na soma de todos os valores presentes do fluxo de caixa líquido, ou mais precisamente, um valor monetário da diferença entre todas as entradas e saídas de caixa resgatadas ao valor presente, conforme ilustra pela Equação 1 (OLIVEIRA, 2003);

$$VPL = -I + \sum_{N=1}^N \frac{FC_N}{(1+T)^N} \quad (1)$$

Em que:

VPL é o valor presente líquido;

I é o investimento inicial;

FC é o fluxo de caixa líquido;

N é o número de períodos e;

T é a taxa mínima de atratividade.

- Taxa Interna de Retorno: consiste na taxa de desconto que iguala o valor presente das entradas de caixa esperadas de um projeto ao valor presente das saídas esperadas de caixa, conforme ilustra pela Equação 2 (BAILARINE, 2003);

$$-I + \sum_{N=1}^N \frac{FC_N}{(1+T)^N} = 0 \quad (2)$$

Em que:

I é o investimento inicial;

N é o número de períodos;

FC é o fluxo de caixa líquido e;

T é a taxa interna de retorno.

Uma das principais dificuldades referentes à taxa interna de retorno deriva da apresentação de várias inversões de sinal no fluxo de caixa o que implica ocorrer em múltiplas taxas internas de retorno. Mais precisamente, é possível encontrar taxas internas de retorno que podem ser compreendidas apenas no aspecto matemático e não econômico (SAMANEZ, 2002). Enquanto a essa problemática, Kassai et al. (2000) sugerem a taxa interna de retorno modificada, pois essa considera a aplicação da taxa de reinvestimento aos fluxos de caixa positivos (ou lucros) e a aplicação da taxa de financiamento aos caixas negativos ou de investimentos.

Segundo Queiroz (2001), a principal vantagem da utilização desses métodos quando aplicados na análise de investimentos ocorre devido à ausência de dificuldade para a compreensão e utilização por parte das organizações. Vale ressaltar que esses métodos apresentam as seguintes restrições, descritas a seguir:

- Não fornecer a perda máxima esperada pelo projeto: não possibilita a apreciação antecedente da suportabilidade econômica dos projetos de investimento segundo um conjunto de possibilidades (SOUZA, 2006) e;
- Considerar as condições de incertezas sempre de forma isolada: quando se realiza uma composição de diversificação eficiente dos investimentos, o risco total da organização diminui por contemplar um conjunto de possibilidades.

Para transpor essas restrições, Queiroz (2001) aponta que é necessário realizar a adoção de novas técnicas tais como a utilização da dinâmica de sistemas na avaliação econômica de projetos. Reputando-se que mediante a dinâmica de sistemas os gestores a realizarão visualização prévia dos acontecimentos, causas e efeitos das alterações em variáveis responsáveis pela efetivação do projeto de investimento.

### 3. A teoria geral dos sistemas

Um dos paradigmas que emergiu no início do século XX foi a Teoria Geral dos Sistemas, baseada nas pesquisas de Ludwig Von Bertalanffy (BERTALANFFY, 1977), tal teoria apontava várias falhas na abordagem reducionista e mecanicista para resolução dos problemas e propunha estudos que considerassem as inter-relações entre os diversos elementos de um sistema. Essa afirmação se apóia no argumento de BERTALANFFY (1977):

[...] só recentemente se tornou visível à necessidade e a relevância da abordagem dos sistemas. A necessidade resultou do fato de que o esquema mecanicista das séries causais isoláveis e do tratamento por partes tem se mostrado insuficiente para atender aos problemas teóricos, especialmente nas ciências bio-sociais, e aos problemas práticos propostos pela moderna tecnologia.

Esta teoria afirma que na análise de um problema é necessário considerar todas as variáveis envolvidas e as inter-relações entre as mesmas. Partindo-se do fato que os sistemas nos quais estão inseridas são complexos e possuem inúmeras variáveis, tende-se a observar a realidade de forma míope. Esta visão particionada faz com que determinadas variáveis e inter-relações passem despercebidas na análise da problemática, resultando em decisões equivocadas.

Para Senge *et. al.* (1997), um sistema é um todo percebido, cujos elementos mantêm-se juntos porque afetam continuamente uns aos outros ao longo do tempo, e atuam para um propósito comum. O modo como a inter-relação de forças é examinada sob a ótica da Teoria Geral dos Sistemas é conhecida como pensamento sistêmico. Nessa linha, o pensamento sistêmico, deve manter uma perspectiva bifocal, ou seja, manter o padrão mais relevante e considerar os detalhes. Isto faz com que se tenha uma visão da relação como um todo mais precisamente uma visão sistêmica.

De um modo geral, o conceito de sistema define um conjunto de funções interdependentes, cuja interação, de acordo com o pensamento sistêmico, forma um todo unitário, e sua subdivisão em partes, não necessariamente produzirá valores parciais que, somados, sejam equivalentes ao total. Stein (1974) define sistema como um todo formado por partes interdependentes que se interagem entre si, entretanto Faulin (2004) acrescenta que

a abordagem sistêmica permite organizar, apresentar e comunicar a realidade percebida aos seus usuários. Pode-se ilustrar essa situação por meio de um exemplo da concepção de uma cidade como um sistema ou subsistema ou ainda supersistema dependendo da análise que se queira fazer ressalta-se que o sistema deve apresentar um grau de autonomia maior que o subsistema e menor que o supersistema.

Antes do advento da metodologia de Systems Thinking, os problemas nas diversas áreas do conhecimento eram tratados de formas mecanicistas e fragmentados; o objeto de estudo era formado por partes, e cada uma poderia ser tratada independentemente para se buscar um objetivo (FLOOD & JACKSON, 1991). Um outro problema verificado nessa questão consiste no raciocínio linear, onde se tende o foco em relações causais lineares entre apenas dois elementos, tais como “x causa y”, ao contrario de relações circulares (FAULIN, 2004), que são corolários no mundo real.

Para sanar essas deficiências da abordagem fragmentada, verificadas primeiramente no campo da biologia, os cientistas conceberam o conceito de Systems Thinking na década de 40. Essa metodologia faz abordagem de qualquer situação de forma sistêmica, se propondo para as inter-relações entre os vários elementos de um sistema. Um sistema observado sob a ótica de Systems Thinking, as inter-relações apresentam-se de forma sinérgica, onde o todo é maior que a soma das partes (FLOOD & JACKSON, 1991).

### 3.1 Deficiências cognitivas

De um modo geral, o ser humano apresenta algumas deficiências cognitivas que dificultam a compreensão do funcionamento dos sistemas cotidianos. Muitas destas falhas apresentam sua gênese no pensamento linear e mecanicista característico da educação ocidental. Dentre os fenômenos característicos dos sistemas e que muitas vezes não são captados pelos nossos modelos mentais limitados, pode-se citar segundo Forrester (1971) e O'Connor & Mcdermott, (1997):

- *Retro-alimentação*: a causa e o efeito de um sistema se confundem devido ao fenômeno de retro alimentação, que pode ocorrer na possibilidade de uma causa ser o efeito de outra causa. No pensamento circular, uma variável pode provocar uma alteração em uma segunda variável; esta última influencia outras variáveis subseqüentes que por fim influenciam a primeira variável;
- *Causa e efeitos não estão próximos no tempo e no espaço*: nos sistemas, geralmente há um atraso entre o efeito e sua causa; além disso, o efeito pode aparecer em outra parte do sistema, distante de onde surgiu a causa. Nesse sentido, se faz necessária a concepção de um horizonte de temporal com o propósito de que todas as variáveis realmente importantes sejam consideradas;
- *Mudanças constantes*: um sistema recebe ações do ambiente externo o que acarreta na necessidade de adaptação às novas entradas;
- *O efeito não é proporcional à causa*: ao se analisar um problema de forma linear, deve-se considerar que a causa e o efeito não são sempre proporcionais e;
- *Complexidade Dinâmica*: ocorre quando os elementos de um sistema se relacionam de diferentes maneiras, pois, cada parte apresenta diversos estados possíveis, nesse sentido qualquer alteração em uma parte provoca mudanças no sistema inteiro.

Como será visto na seção posterior, a metodologia de Dinâmica de Sistemas se mostra adequada para interpretar as complexidades do mundo, ao se desprender dos modelos mentais

distorcidos pela realidade (SENGE, 2000).

### 3.2 Metodologia de dinâmica de sistemas

Dinâmica de Sistemas surgiu nos anos 50 pelo mediante pesquisas do professor Jay W. Forrester. Esse método usa a simulação computacional para relacionar a estrutura de um sistema com o seu comportamento no tempo. Sua origem remonta a estudos realizados sobre a tomada de decisões relativas ao inventário e recrutamento de funcionários na General Eletric, nos meados de 1950 (FORRESTER, 1961).

Segundo Meadows *et al.* (1972), os modelos mentais criados pela percepção humana são demasiadamente simples se comparados com a realidade de onde foram abstraídos. Esse fato resulta da dificuldade do cérebro em acompanhar um número limitado das complicadas interações simultânea que determinam à natureza dos fatos corolários no seu ambiente. A Dinâmica de Sistemas vem suprir essas deficiências, na medida em que absorve as informações da estrutura de um sistema, formaliza-as em um modelo computacional e simula resultando no comportamento gerado pela dinâmica (COVER, 1996). Segundo Faulin (2004), a estrutura de um sistema é difícil de ser identificada, pois, para Folledo (2000), tal estrutura é dividida em quatro níveis de pensamento sistêmico tais como: (a) eventos; (b) padrões de eventos; (c) estruturas sistêmicas e; (d) visões compartilhadas.

Geralmente o ser humano atenta-se apenas aos dois primeiros níveis, pois, são mais visíveis e fáceis de serem identificados. Porém, os reais pontos de alavancagem do sistema se situam nos níveis em que se trata da estrutura e das visões compartilhadas. Nesse contexto as ferramentas de Dinâmica de Sistemas auxiliam os tomadores de decisão a visualizarem tais níveis que se mostram ocultos.

Atualmente, os pacotes de simulação em Dinâmica de Sistemas são fáceis de usar, como será demonstrado nas próximas seções.

### 3.3. Componentes do modelo

Em dinâmica de sistemas, um modelo é construído com basicamente quatro componentes: estoques, fluxos, auxiliares e conectores.

Os estoques (níveis) são variáveis de estado e são ser considerados como repositórios onde um fator é acumulado, armazenado e potencialmente passado para outros elementos do sistema (DEATON & WINEBRAKE, 2000). Os estoques fornecem uma visão de como se apresenta o sistema em qualquer instante do tempo. As mudanças nos estoques ocorrem devido à ação dos fluxos, que demandam certo tempo, ou seja, não são instantâneas (COVER, 1996). No software Stella, os estoques podem também exercer a função das estruturas de fila, esteira rolante e forno.

Os fluxos, por sua vez, são variáveis de ação, e podem alterar os estoques, aumentando ou diminuindo seus volumes durante a simulação da dinâmica. Os auxiliares servem para formular os dados e principalmente para definir as equações dos fluxos além de combinar, através de operações algébricas, os fluxos, estoques e outros auxiliares. São usados para modelar as informações, e não o fluxo físico, sendo capazes de se alterar instantaneamente, sem atrasos (COVER, 1996).

Os conectores representam as inter-relações entre todos os componentes do sistema com o propósito de ligar os componentes que formarão uma expressão matemática (DEATON & WINEBRAKE, 2000). A Figura 1 apresenta os símbolos referentes a cada um dos

componentes do modelo.

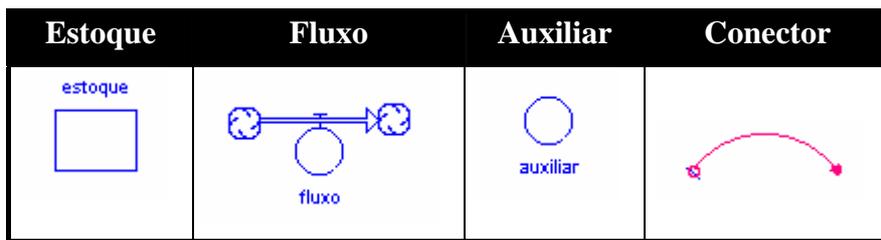


FIGURA 1 - Componentes utilizados nos modelos em dinâmica de sistemas

Ao se modelar utilizando-se esses quatro componentes um pacote de simulação ou software, é obrigado a seguir as seguintes regras a fim de evitar erros (FLOOD & JACKSON, 1991):

- Um estoque pode somente ser precedido por um fluxo e ser seguido por um auxiliar ou um fluxo;
- Um auxiliar pode ser seguido por outro auxiliar ou por um fluxo;
- Um fluxo deve ser seguido por um estoque e;
- Um estoque não pode ser diretamente afetado por outro estoque.

Ao se estruturar tais componentes para espelhar um sistema real, obtêm-se um diagrama de estoque e fluxo tal como apresentado na Figura 2.

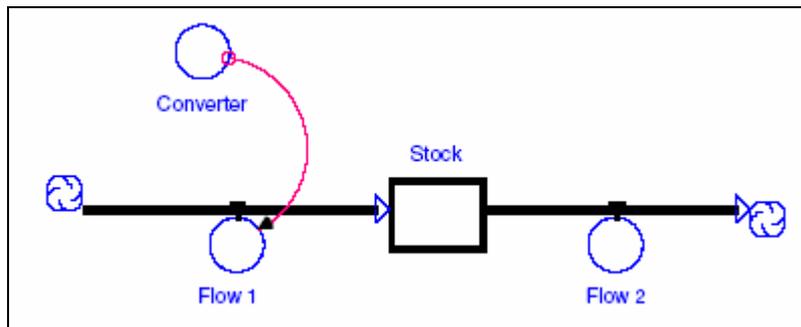


FIGURA 2 - Diagrama de estoque e fluxo

Fonte: Dyson e Chang (2005)

### 3.4. Vantagens da simulação

De acordo com REIBSTEIN & CHUSSIL (1999), a adoção de técnicas de simulação traz os seguintes benefícios ao tomador de decisão:

- Compressão do tempo: as simulações aceleram o tempo, reduzindo o tempo real dos fenômenos a serem analisados. Ou seja, o comportamento de vários anos de um sistema pode ser verificado em segundos;
- Custo reduzido: como a simulação é feita no ambiente computacional, não é necessário construir o sistema fisicamente para verificar seu comportamento;
- Promove a criatividade: devido à inexistência de riscos, os usuários podem experimentar como será o comportamento do sistema em situações incertas, desagradáveis, inesperadas ou não-convencionais;
- Permite fazer experiências: o processo de criação e implementação de simulações dá aos

tomadores de decisão *insights* práticos;

- Unifica pontos de vista divergentes: Os usuários desenvolvem uma visão comum do sistema em uma linguagem computacional;
- Captura o conhecimento: O processo de simulação captura e codifica o conhecimento acumulado pela organização onde cria e aplica um repositório de informações competitivas e;

#### 4. Estudo de caso

O objeto deste estudo de caso é a implantação de um sistema de ERP, em uma empresa produtora de papel e celulose de eucalipto, visto que a estratégia da empresa consiste na reestruturação, integração de operações (pessoas, processos e tecnologia), com maior disponibilidade e qualidade nos dados e informações propiciando a descentralização das decisões na organização. Entretanto nesse contexto a fim de simplificar a exposição das técnicas de análise de investimento em condições de risco apenas as informações de aspectos financeiros são consideradas para a análise.

Inicialmente são representados os fluxos de caixa previsto pelos gestores da organização após a implantação do ERP mediante considerações de cenários econômicos futuros, ou seja, variações na receita segundo oscilações do preço do papel para aplicação das técnicas de avaliação econômica mediante técnica de simulação dinâmica. A Tabela 1 apresenta o fluxo de caixa mais provável com uma variação de 6% no fluxo de caixa líquido, considerando a probabilidade de 50% para a ocorrência dessa variação.

TABELA 1 - Representação do fluxo de caixa mais provável (50%)

Ano	Investimento Inicial	Benefícios	Custo Recorrente	Fluxo de Caixa Líquido
0	-4.500.000,00			-4.500.000,00
1		2.050.000,00	-135.000,00	1.915.000,00
2		2.050.000,00	-135.000,00	1.915.000,00
3		2.050.000,00	-135.000,00	1.915.000,00
4		2.050.000,00	-135.000,00	1.915.000,00
5		2.050.000,00	-135.000,00	1.915.000,00

Fonte: Adaptado de Schaicoski (2002).

A Tabela 2 apresenta o fluxo de caixa pessimista da organização com uma variação de 4,50% no fluxo de caixa líquido, mas com a probabilidade de ocorrência em 25%.

TABELA 2 - Representação do fluxo de caixa mais pessimista (25%)

Ano	Investimento Inicial	Benefícios	Custo Recorrente	Fluxo de Caixa Líquido
0	-4.500.000,00			-4.500.000,00
1		1.963.825,00	-135.000,00	1.828.825,00
2		1.963.825,00	-135.000,00	1.828.825,00
3		1.963.825,00	-135.000,00	1.828.825,00
4		1.963.825,00	-135.000,00	1.828.825,00
5		1.963.825,00	-135.000,00	1.828.825,00

Fonte: Adaptado de Schaicoski (2002).

A Tabela 3 apresenta o fluxo de caixa mais otimista da organização com uma variação de 6% no fluxo de caixa líquido, considerando uma probabilidade de 25% de ocorrência.

TABELA 3 - Representação do fluxo de caixa mais otimista (25%)

Ano	Investimento Inicial	Benefícios	Custo Recorrente	Fluxo de Caixa Líquido
0	-4.500.000,00			-4.500.000,00
1		2.164.900,00	-135.000,00	2.029.900,00
2		2.164.900,00	-135.000,00	2.029.900,00
3		2.164.900,00	-135.000,00	2.029.900,00
4		2.164.900,00	-135.000,00	2.029.900,00
5		2.164.900,00	-135.000,00	2.029.900,00

Fonte: Adaptado de Schaicoski (2002).

A partir dos dados coletados para a modelagem do problema formou-se o diagrama de estoque e fluxos apresentado na Figura 1, esse diagrama desponta a sistematização e interação de todas as variáveis a fim de mitigar a compreensão sobre os principais pontos do modelo responsáveis pela a estratégia dos gestores.

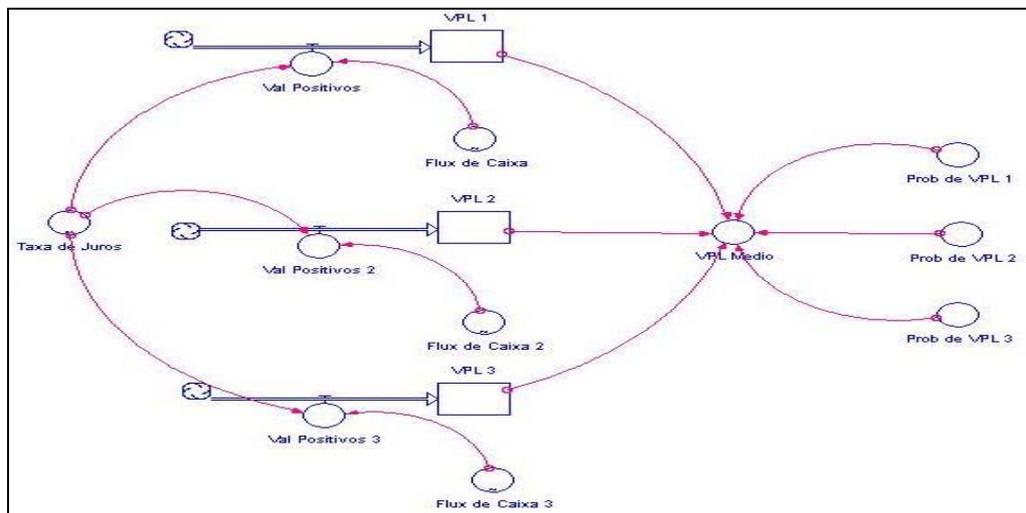


FIGURA 1 - Diagrama de fluxos e estoque do modelo

Nesse contexto, para a elaboração desse diagrama se fez necessário à parametrização dos componentes do sistema dinâmico que condicionaram os resultados obtidos pelo processo de interação. Para ilustrar essa situação a Figura 2 demonstra a situação de parametrização do componente fluxo denominado Val\_Positivo:

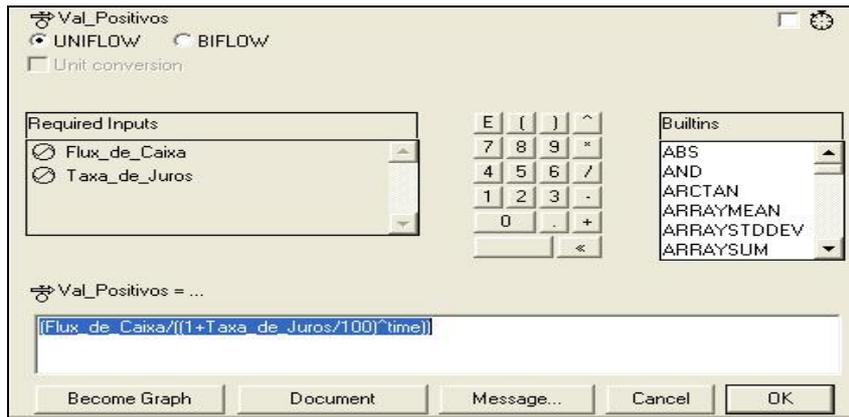


FIGURA 2 - Exemplo de parametrização do componente fluxo

A parametrização do componente denominado auxiliar é apresentada pela Figura 3:

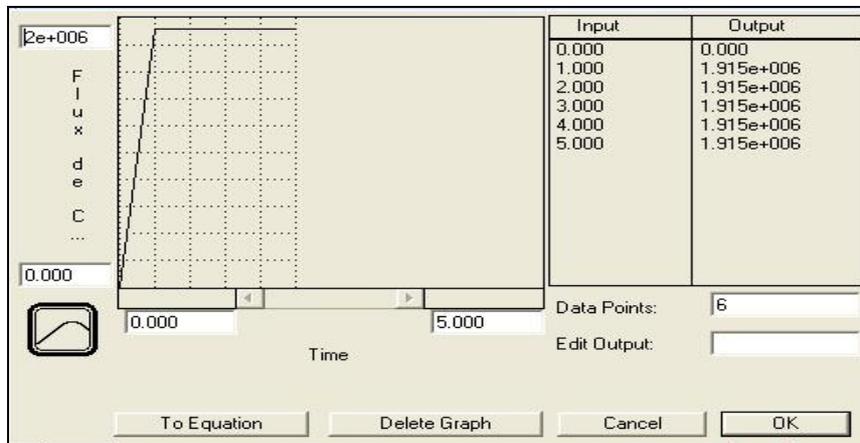


FIGURA 3 - Exemplo de parametrização do componente denominado auxiliar

A parametrização do componente denominado auxiliar permite a inserção de dados por meio de *Input* e *Output*, equacionamento ou desenho livre da curva no plano pontilhado. Essas facilidades vêm auxiliar na definição das variáveis difíceis de mensurar, pois sofrem influência de fatores externos tais como: (a) alteração de políticas cambiais (GITMAN, 2006), (b) alterações nos preços de ações relacionadas à organização e, (c) sazonalidades.

#### 4.1 Resultados obtidos

Para a simulação foi considerando a taxa de juro para desconto do capital ou taxa mínima de atratividade, e as probabilidades de diferentes receitas ao longo do tempo obtendo-se o VPL médio. Para esse modelo foi considerada uma taxa mínima de atratividade no valor de 15%, e uma simulação em seis estágios representando os períodos de investimento inicial e consequentemente os fluxos de caixa. As equações de *Initialization* e de *Runtime* obtidas após a estruturação da dinâmica são apresentadas na Figura 4.

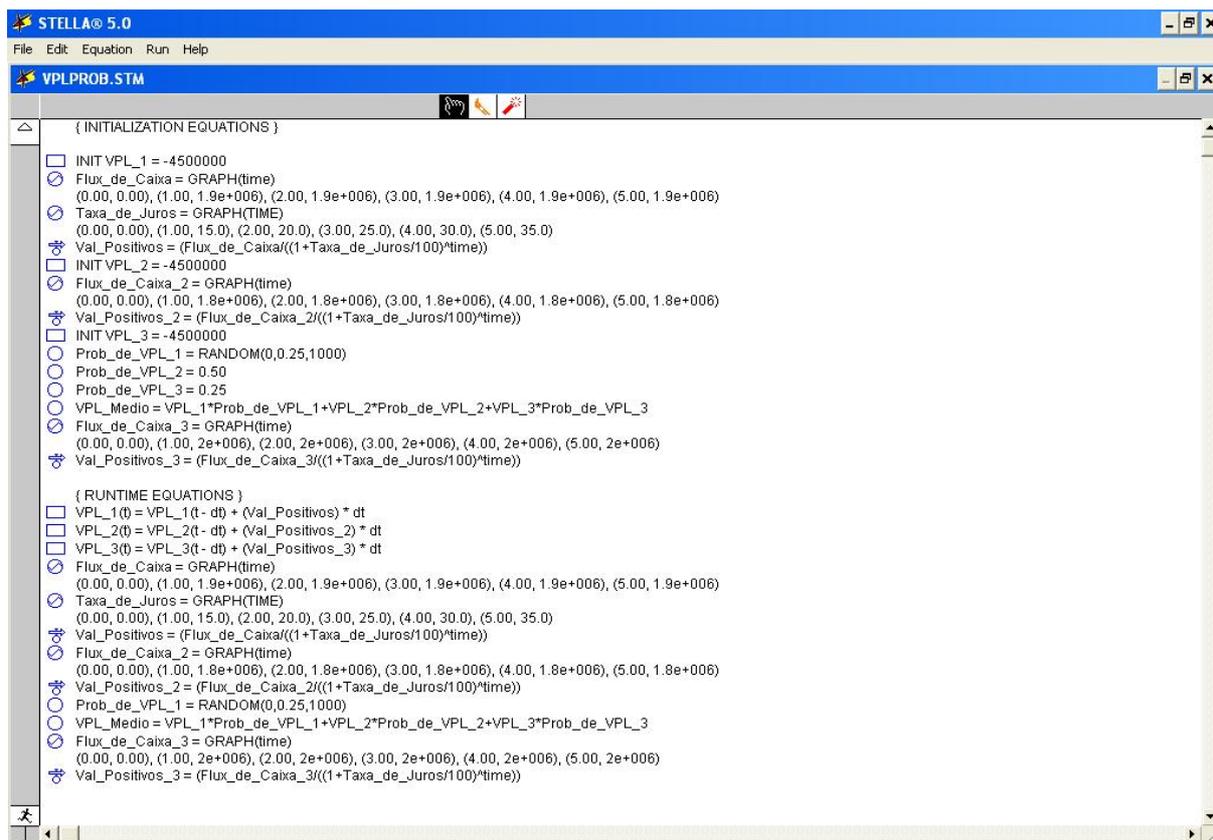


FIGURA 4 - Equações de *initializations* e *runtime*

Os dados de entrada na dinâmica juntamente com os resultados obtidos após a simulação para os seis estágios propostos são apresentados na Figura 5 e na Figura 6.

Time	VPL 1	VPL 2	VPL 3	Val Positivos	Val Positivos 2	Val Positivos 3	Prob de VPL 1	Prob de VPL 2	Prob de VPL 3	Taxa de Juros	VPL Medio	Flux de Caixa	Flux de Caixa 2	Flux de Caixa 3
0	-4,500,000.00	-4,500,000.00	-4,500,000.00	0.00	0.00	0.00	0.25	0.50	0.25	15.00	-4,500,000.00	0.00	0.00	0.00
1	-4,500,000.00	-4,500,000.00	-4,500,000.00	1,665,217.39	1,590,282.61	1,785,130.43	0.25	0.50	0.25	15.00	-4,500,000.00	1,915,000.00	1,828,825.00	2,029,900.00
2	-2,834,782.61	-2,909,717.39	-2,734,869.57	1,448,015.12	1,382,854.44	1,534,886.03	0.25	0.50	0.25	15.00	-2,847,271.74	1,915,000.00	1,828,825.00	2,029,900.00
3	-1,386,767.49	-1,528,882.95	-1,199,873.53	1,259,143.59	1,202,482.12	1,334,882.20	0.25	0.50	0.25	15.00	-1,410,118.73	1,915,000.00	1,828,825.00	2,029,900.00
4	-127,623.90	-324,380.83	134,718.67	1,094,907.47	1,046,736.69	1,160,601.91	0.25	0.50	0.25	15.00	-160,416.72	1,915,000.00	1,828,825.00	2,029,900.00
5	967,283.56	721,355.86	1,295,320.58	952,093.46	909,248.24	1,009,219.05	0.25	0.50	0.25	15.00	926,328.97	1,915,000.00	1,828,825.00	2,029,900.00
Final	1,919,377.01	1,830,605.10	2,304,539.63				0.25	0.50	0.25	15.00	1,871,261.71	1,915,000.00	1,828,825.00	2,029,900.00

FIGURA 5 - Resultados obtidos

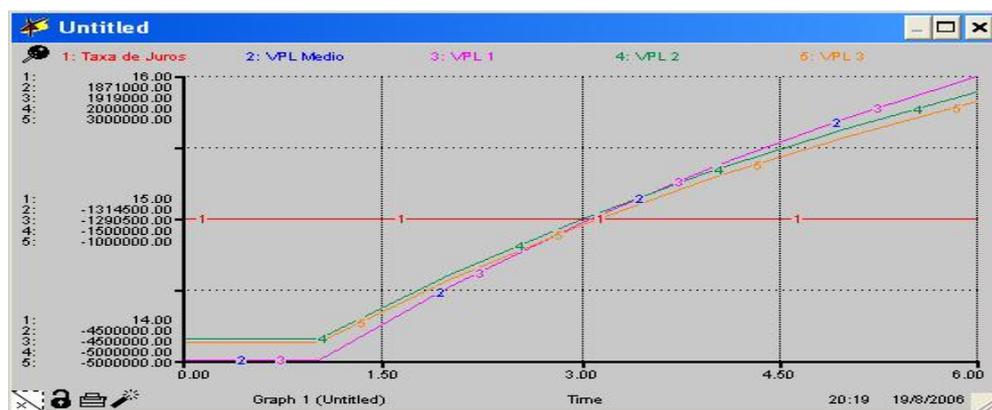


FIGURA 6 - Resultados obtidos

Com base nos resultados obtidos neste trabalho o investimento se torna econômica viável a partir do quarto período e apresenta um valor presente líquido médio de R\$: 1.871.281,71.

## 5. Considerações Finais

Atualmente, as organizações buscam por técnicas que auxiliem nas tomadas de decisões para os investimentos em condições de risco, visto que as técnicas tradicionais manifestam algumas limitações nos procedimentos de avaliação do mesmo. Essas limitações significam não fornecer valor presente líquido considerando probabilidade de realização para futuros fluxos de caixa, bem como a dificuldade de relacionamento de suas várias possibilidades ao valor presente líquido médio. Essas limitações foram focos de estudo contemplados neste artigo.

Este trabalho demonstrou que a metodologia de Dinâmica de Sistemas se constitui em uma ferramenta eficaz para visualização de características sistêmicas na análise de investimento. No modelo apresentado foi possível verificar fenômenos contra intuitivos, como a não-linearidade nos parâmetros, inter-relação entre as variáveis e complexidade dinâmica, nesse sentido o construto relacional criado com auxílio da dinâmica de sistema evidência tais aspectos nos sistemas analisado e modifica o modelo mental elaborado sobre a análise de investimento facilitando de forma cabal o seu entendimento e as tomadas de decisões.

Além disso, o propósito deste artigo ainda despertou o interesse para realizar futuras pesquisas, em outras situações organizacionais compreendidas dentro da análise de investimento tais como: (a) aplicação do *Capital Asset Pricing Model - CAPM*; (b) a aplicação do *Value at Risk - VAR* e; (c) aplicação do *Arbitrage Pricing Theory - APT*. Vale ressaltar ainda que outro tipo de pesquisa recomendado é a incrementação estatística do cálculo de análise de investimento por teoria das opções.

## Referências Bibliográficas

- BALARINE, O. A utilização de técnicas de engenharia econômica para posicionamentos estratégicos em negócios da construção. In: I ENCONTRO DE ESTUDOS EM ESTRATÉGIA, 65, 2003, Curitiba. **Anais...**
- BERTALANFFY, L. V. **Teoria Geral dos Sistemas**. 3º ed. Editora Vozes, 1977.
- COVER, J. **Introduction to System Dynamics**. Powersim Press, 1996.

- DEATON, M. L.; WINEBRAKE, J. J. *Dynamic Modelling of Environmental Systems*. Springer-Verlag, 2000.
- DYSON, B.; CHANG, N. B. Forecasting municipal solid waste generation in a fast-growing urban region with system dynamics modeling. *Waste Management Journal*, v. 25, p. 669-679, 2005.
- FAULIN, E. J. **O uso do Sysatem Dynamics em modelo de apoio a comercialização**. Uma aplicação à agricultura familiar. Dissertação de Mestrado, UFSCar, 2004.
- FIGUEIREDO NETO, L. F.; MANFRINATO, J. W. S.; CREPALDI, A. F. Teoria das opções reais: de que está se falando? In: X SIMPÓSIO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Bauru, 2003, *Anais...*
- FOLLEDO, M. Raciocínio Sistêmico: Uma boa forma de se pensar o meio ambiente. *Ambiente & Sociedade*, Campinas, ano III, n. 6 e 7, p. 105-143, 2000.
- FORRESTER, J. W. *Industrial Dynamics*. The MIT Press, 1961.
- FORRESTER, J. W. *Urban Dynamics*. The MIT Press, 1971.
- FLOOD, R.L.; JACKSON, M. C. *Creative Problem Solving: Total Systems Intervention*. John Wiley & sons, 1991.
- GITMAN, L. J. **Princípios de administração financeira**. 10. ed. São Paulo: Prentice- Hall, 2006.
- HIRSCHFELD, H. **Engenharia econômica e análise de custos**. 7. ed.. São Paulo: Atlas, 2000.
- KASSAI, J. R. et al. **Retorno de investimento: abordagem matemática e contábil do lucro empresarial**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2000.
- MEADOWS, D.L.; MEADOWS, D.H.; RANDRES, J.; BEHRENS III, W. W. **Limites ao Crescimento**. Editora Perspectiva, 1972.
- O'CONNOR, J.; McDERMOTT.. **The art of systems thinking: essential skills for creativity and problem solving**. London: Thorsons, p. 265, 1997.
- OLIVEIRA, A. M. G. **Uma pesquisa exploratória sobre a utilização de técnicas financeiras pelas micro e pequenas indústrias do setor eletroeletrônico do vale da eletrônica**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2003.
- QUEIROZ, J. A. **Aplicação do valor no risco (VAR), do modelo de precificação dos ativos de capitais (CAPM) e da teoria de precificação por arbitragem (APT) na avaliação econômica dos projetos de investimento em condições de risco**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção Mecânica) – Escola de Engenharia de São Carlos, USP – Campus de São Carlos, 2001.
- REIBSTEIN, D. J. **A Dinâmica da Estratégia Competitiva**. Editora Campus, 1999.
- SAMANEZ, C. P. **Matemática financeira: aplicações à análise de investimentos**. 3. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2002.
- SCHAICOSKI, J. C. **A utilização do roi na análise de projetos da tecnologia da informação**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2002.
- SECURATO, J. R. **Decisões financeiras em condições de risco**. São Paulo: Atlas, 1996.
- SENGE, P.; et all. **A Quinta Disciplina: caderno de campo: estratégias e ferramentas para construir uma organização que aprende**. Qualitymark, 1997.
- SENGE, P. **Shools that Learn**. Currency, 2000.
- SOUZA, L. A. R. **Metodologia do cálculo do var**. Disponível:[http://www.risktech.com.br/ Artigos/ArtigosTécnicos.asp](http://www.risktech.com.br/Artigos/ArtigosTécnicos.asp). Acesso: 01 de junho de 2006.
- STEIN, I. **Systems theory, science, and social work**. New Jersey, The Scarecrow Press, 1974.