

Desenvolvimento Conceitual de uma Proposta de Construção da Análise Estrutural a partir de uma Matriz de Impactos Cruzados Probabilística

RICARDO BALIEIRO FISCHER

IDCE - Instituto de Desenvolvimento de Conteúdo para Executivos
rbfische@terra.com.br

Introdução

O desejo de conhecer o futuro existe desde o início da humanidade. Na busca desse conhecimento, o homem acreditava em quem lhe pudesse prever o futuro. É possível perceber, em distintos momentos da história, governantes em busca de informações que pudessem minimizar o risco de suas decisões (Marcial & Grumbach, 2005).

Mas, afinal, do que se trata o futuro? O futuro não está escrito em lugar algum - ele está para ser construído. O futuro é múltiplo e incerto. Se o homem tivesse a certeza dos acontecimentos futuros, perderia sua liberdade e seu propósito: a esperança de um futuro desejado (Godet & Roubelat, 1996). Se esse é o motivo da determinação do ser humano em buscar respostas para o que está por vir, lidar com o futuro é aceitar que está se lidando com incertezas e admitir que o ser humano necessita ter a visão do futuro, mas é limitado e não tem o dom de adivinhá-lo. No curto prazo, projeções de tendências costumam funcionar muito bem. Porém, no médio/longo prazo as incertezas aumentam e apenas o estudo de tendências não tem se mostrado muito eficaz. Schnaars (1987) compara resultados de estudos econométricos com estudos utilizando métodos de cenários e acaba por concluir que o método de cenários obteve claras vantagens sobre os métodos projetivos tradicionais. Godet & Roubelat (1996) analisaram previsões realizadas anos antes e constataram que os erros foram baseados principalmente em dois itens: a superestimação dos impactos dos avanços tecnológicos e a subestimação de fatores inerciais, como os comportamentos e estruturas sociais. Partindo da aceitação dessa incapacidade do homem em prever o futuro é que nasceram os estudos de cenários, que exploraram configurações de variáveis de forma a criar vários futuros possíveis.

Dentro das ciências sociais, cenários podem ser definidos como uma descrição de uma situação futura e de um curso de eventos que permita mover de uma situação original para essa situação futura (Godet & Roubelat, 1996). Ou ainda, é poder visualizar futuros possíveis, particularmente os derivados e apresentados por métodos sistemáticos e os que se definem pela visão holística das circunstâncias em questão (Miles, 2005).

O planejamento por cenários (ou estudo prospectivo) é mais do que um método, é um processo. Sua característica marcante é a necessidade de ser feito de forma participativa, onde papel principal no processo cabe aos especialistas, os únicos capazes de manejar conhecimentos teóricos e práticos e de usar sua sensibilidade para elaborar visões coerentes de futuro (Marques, 1988). Ao montar esse modelo simplificado da realidade através das informações estruturadas de especialistas, a prospectiva não faz desuso das outras formas de análise. Ao contrário, busca utilizar todos os tipos de análise de forma que possam conter variáveis quantitativas e qualitativas.

Atualmente, tem-se à disposição uma enormidade de métodos e ferramentas para construção de cenários. Há métodos de abordagem intuitiva, como o de Pierre Wack (1985a e 1985b) e de seus discípulos Peter Schwartz (2000) e Kees van der Heijden (2004), como há métodos de abordagem essencialmente racionalista, como o método de Michel Godet (1993). Também são muitas as ferramentas apropriadas por esses métodos, como a análise morfológica, de característica mais intuitiva, e as inúmeras variações de uso da matriz de impactos cruzados, que tem uma abordagem mais quantitativa. A existência dessa grande variedade de métodos e ferramentas pode ser explicada levando em conta que, devido à natureza tendenciosamente determinística do ser humano, é sempre complicado dar crédito a métodos que afirmam existir várias respostas possíveis. Portanto, acaba ocorrendo uma busca incessante por mais robustez,

no processo e nos resultados, em cada novo método apresentado, com o objetivo de lhe conferir mais credibilidade. Muitas vezes, na busca por essa robustez, em um mesmo método podem estar presentes várias ferramentas de características distintas, o que pode elevar a complexidade da análise. Soma-se a isso o fato de que há disponíveis no mundo informações abundantes e incompletas (Godet & Roubelat, 1996), mas as decisões devem ser tomadas rapidamente. Por tudo isso, os métodos de construção de cenários devem possuir um caráter seletivo. Iniciar um trabalho de construção de cenários tendo um foco muito próximo do modelo aumenta em muito as chances de perder pontos-chaves na análise dos determinantes de futuro. Para trabalhar com cenários, é necessário ter a visão macro do modelo para depois entrar nos detalhes (Duncan & Wack, 1994).

Entre os métodos mais celebrados, o que apresenta uma estrutura mais robusta, racionalista e menos dependente da intuição do usuário é o de Michel Godet. Na sua metodologia, Michel Godet (1993) integra o método de construção de Cenários entre duas tarefas: o diagnóstico da organização e o apoio às escolhas estratégicas. Para Michel Godet, os objetivos do Método dos Cenários são três:

- Identificação das variáveis-chave que caracterizam o sistema estudado, estabelecendo as relações entre elas mediante uma análise explicativa global tão exaustiva quanto possível.
- Determinação, a partir das variáveis-chave, dos atores fundamentais, de suas estratégias e dos meios de que dispõem para a realização dos seus objetivos.
- Descrição, sob a forma de cenários, da evolução do sistema estudado, levando em consideração as evoluções mais prováveis das variáveis-chave quando relacionadas entre si e influenciadas pelos jogos dos atores.

O método de Godet caracteriza-se por ser o mais robusto e dos menos flexíveis. Ele acredita no rigor do uso das ferramentas de análise. É um dos poucos métodos que utiliza o conceito de probabilidades subjetivas para analisar os cenários desenvolvidos. Este método, que pode ser visualizado na Figura 1, tem seis principais etapas, sendo que há ainda uma última etapa de análise das opções estratégicas da organização em relação aos cenários destacados:

- 1 – Identificação e delimitação do problema e sistema
- 2 – Identificação e hierarquização das variáveis-chaves e seus fatores causais
- 3 – Identificação e análise da estratégia dos atores
- 4 – Definição de configurações futuras para as variáveis de cenário
- 5 – Configuração dos cenários através da matriz morfológica
- 6 – Probabilização dos cenários através da matriz de impactos cruzados

A primeira etapa trata de um esforço coletivo prévio à cenarização, na qual ocorre a delimitação do sistema e do ambiente e serve para especificar a abrangência do estudo. São definidos o objeto do estudo, o horizonte temporal e a área geográfica, ou seja, o foco do estudo. Geralmente parte-se de uma preocupação da empresa.

Em seguida, passa-se à segunda etapa, que se inicia com a elaboração de uma lista, o mais completa possível, das variáveis a ter em conta, sejam ou não quantificáveis, a fim de ter uma visão global tão exaustiva quanto possível do sistema constituído pelo fenômeno estudado e pelo seu enquadramento explicativo. Ainda na segunda etapa é realizada a análise estrutural, que permite a classificação das variáveis em relação a certo número de parâmetros fundamentais para caracterizar o seu papel no sistema, pondo em evidência uma hierarquia de variáveis e facilitando a identificação das variáveis-chave.

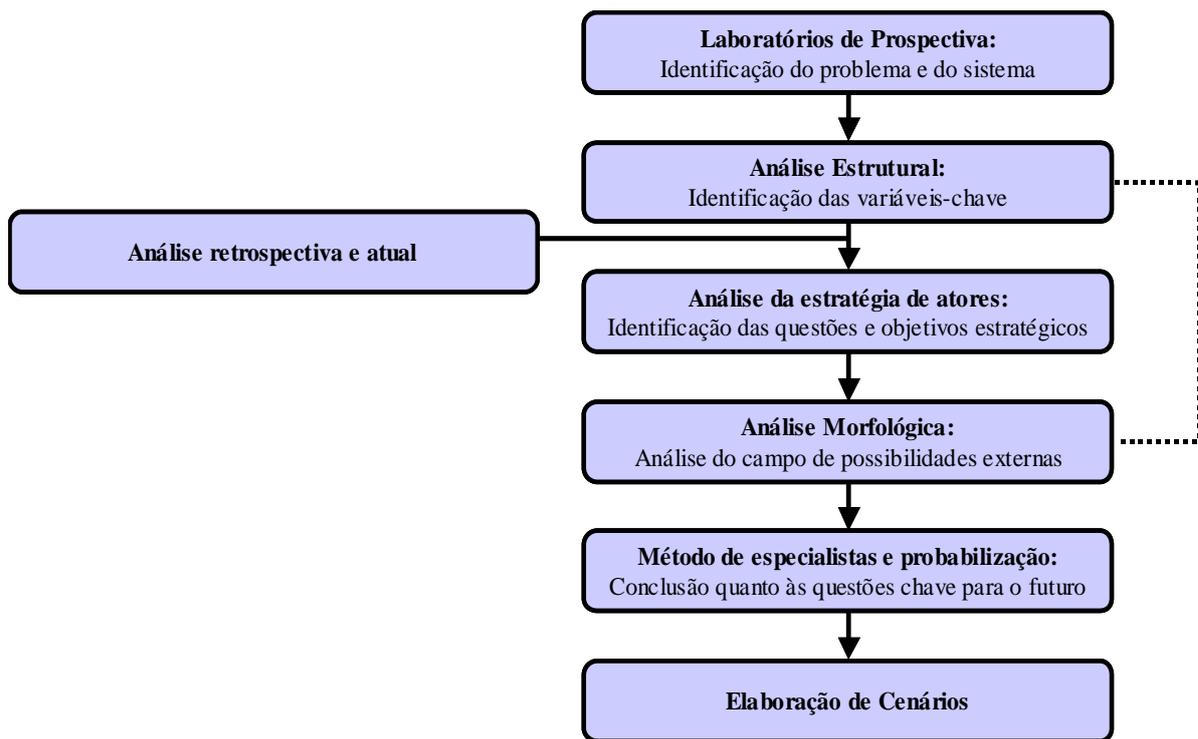


Figura 1. Método dos Cenários de Michel Godet.

Fonte: Adaptado de Godet, M. (1993).

Na etapa seguinte são analisados os jogos de atores. O exame das suas relações de força é essencial para pôr em evidência qual é a evolução dos desafios estratégicos e para colocar as questões-chave para o futuro, já que os atores tenderão a manipular as variáveis de acordo com seus objetivos estratégicos. Esses atores e seus objetivos estratégicos são confrontados em suas convergências e divergências numa matriz chamada MACTOR, cuja saída é a identificação dos atores mais influentes nas variáveis do sistema.

Na próxima etapa é aplicada a análise morfológica e tem começo a exploração do campo das evoluções possíveis. Inicia-se o processo agrupando as variáveis-chave da análise estrutural. A seguir são definidas as restrições entre eventos para redução do espaço morfológico. Finaliza-se explorando a combinatória dessas configurações utilizando as questões-chave do jogo de atores. Essa análise tem, no Método de Cenários, uma ferramenta de apoio chamada MORPHOL.

A etapa seguinte trata da utilização de um método de impactos cruzados de caráter binário (ferramenta SMIC-Prob-Expert), na qual entra um número mais restrito de hipóteses centrais, já filtradas da análise morfológica. Essa fase se baseia na consulta a um conjunto de peritos, sob a forma de questionários, de forma que são colocadas questões a respeito das probabilidades simples (*a priori*) de um evento e das probabilidades condicionadas (*a posteriori*) de certo evento se realizar em relação a algum outro. Após, realiza-se uma análise de sensibilidade e robustez, que pode resultar em um *feedback* para o início de processo.

Na última etapa ocorre, finalmente, a elaboração dos cenários. Essa etapa é realizada em duas fases principais: aperfeiçoamento das imagens finais dos cenários no horizonte temporal do estudo e a construção de uma narrativa que corresponda às imagens finais desenhadas.

Problema de Pesquisa e Objetivos

Dentro desse contexto, a proposta desse trabalho é reduzir, a partir do método proposto por Michel Godet e suas ferramentas associadas, a complexidade no processo de construção de cenários ao mesmo tempo em que mantém a robustez da análise e dos resultados. Isso é realizado ao integrar em apenas uma etapa a análise estrutural e a análise de impactos cruzados, reduzindo a quantidade de informações necessárias para alimentar as ferramentas e melhorando o processo de *feedback*. Dessa forma, os tomadores de decisão terão, com essa abordagem, um método que possibilita maior agilidade na análise e melhor visão holística do sistema, mantendo-se o nível de robustez da análise e credibilidade dos resultados.

Nesse processo, a ordem de utilização das ferramentas no processo é invertida, de forma que a matriz de impactos cruzados seja preenchida antes da análise estrutural, sendo essa última um *output* da primeira ferramenta. Dessa forma, obtém-se em apenas uma análise, duas informações importantes para o processo: a hierarquização das variáveis e um mapeamento do espaço probabilístico do conjunto de relações entre as variáveis. Essas duas informações são vitais para a próxima fase: a análise morfológica. Além da necessária estruturação das variáveis para início do mapeamento dos cenários, esse processo é facilitado pela preexistência de um subespaço morfológico quantificado, que serve como um guia para a escolha dos cenários mais plausíveis.

As formas de checar se a proposta é válida foram:

- As bases teóricas conferem confiabilidade e credibilidade ao método desenvolvido.
- O método não dá margens para interpretações, estando claros os objetivos e os papéis de cada etapa.
- Há facilidade de realizar a retroalimentação no processo.
- A quantidade de informações necessárias para alimentar as ferramentas é reduzida.

Revisão Bibliográfica

Segundo Arcade, Godet, Meunier & Roubelat (1994) a Análise Estrutural é uma das ferramentas mais utilizadas nos estudos de futuro e tem dois objetivos complementares (Godet, 1993): durante a fase inicial, obter a melhor representação possível do sistema em estudo e reduzir a complexidade do sistema, escolhendo as variáveis principais.

A análise estrutural é um instrumento de estruturação da reflexão coletiva. Oferece a possibilidade de descrever um sistema com o auxílio de uma matriz que relaciona todos os elementos constituintes desse sistema (Godet, Monti, Meunier & Roubelat, 1999). O objetivo desse método é fazer emergirem as principais variáveis influentes e dependentes, determinando assim as variáveis essenciais para a evolução do sistema. Tem como principais etapas: o recenseamento das variáveis, a descrição das relações entre as variáveis e a identificação das variáveis-chave.

A primeira etapa consiste em listar o conjunto das variáveis que caracterizam o sistema estudado. Nesta etapa convém ser o mais exaustivo possível e não excluir, *a priori*, nenhuma via de pesquisa. Nessa fase é desejável alimentar a recolha das variáveis por meio de entrevistas não diretivas com representantes de atores do sistema estudado. Obtém-se, finalmente, uma lista de variáveis internas e externas ao sistema considerado.

Em uma visão sistêmica, uma variável só existe através das relações que mantém com as outras variáveis. Assim, na segunda etapa, procura-se identificar as relações existentes entre as variáveis utilizando uma matriz de análise estrutural. O preenchimento da matriz de análise estrutural pode ser feito pelo grupo de pessoas que participaram, previamente, no recenseamento das variáveis e na respectiva definição. O preenchimento é qualitativo, sendo perguntado para cada par de variáveis a questão: há uma relação de influência direta da variável i na variável j ? Em resposta a essa questão, pode-se preencher essa matriz de duas formas: *booleana* (com 1 se há relação e 0 caso não ocorra) ou quantificando as relações (por exemplo, definindo as relações como: inexistente=0, fraca=1, média=2, forte=3).

Esta fase de preenchimento ajuda a colocar, para n variáveis, $n.(n-1)$ questões, algumas das quais teriam sido omitidas se não tivesse havido uma reflexão tão sistemática e exaustiva. O resultado visual da matriz estrutural é um grafo onde os nós (ou vértices) são as variáveis e as arestas suas inter-relações alimentadas na matriz de análise estrutural (Arcade *et al.*, 1994). A Figura 2 resume esse processo:

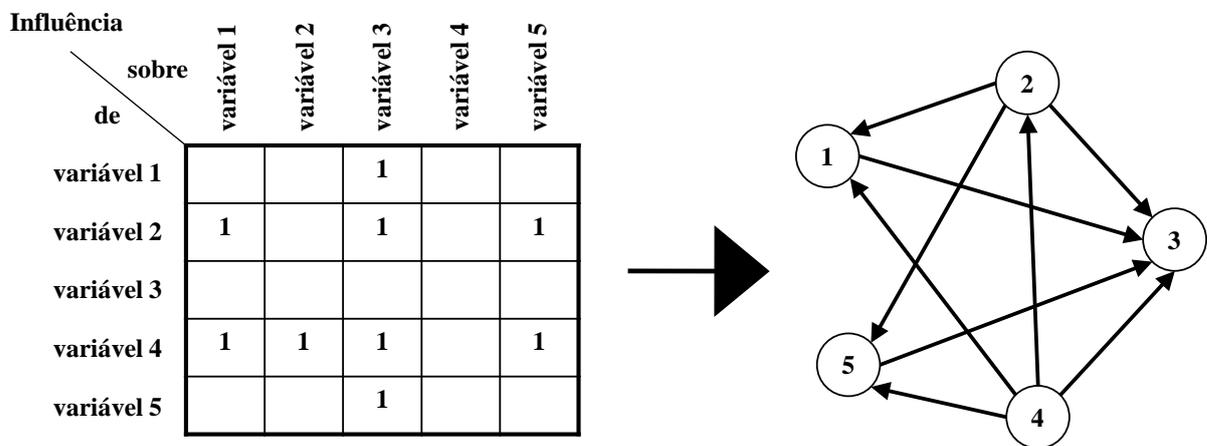


Figura 2. Matriz estrutural de relações diretas e grafo adjacente relacionado

Fonte: Arcade, J.; Godet, M.; Meunier, F.; Roubelat, F. (1994).

Na próxima etapa, o grafo acima pode ser representado de forma que possa contribuir a decifrar as inter-relações do sistema e, se possível, hierarquizar as variáveis em sucessivos níveis de propagação de influências (Arcade *et al.*, 1994), como mostra a Figura 3.

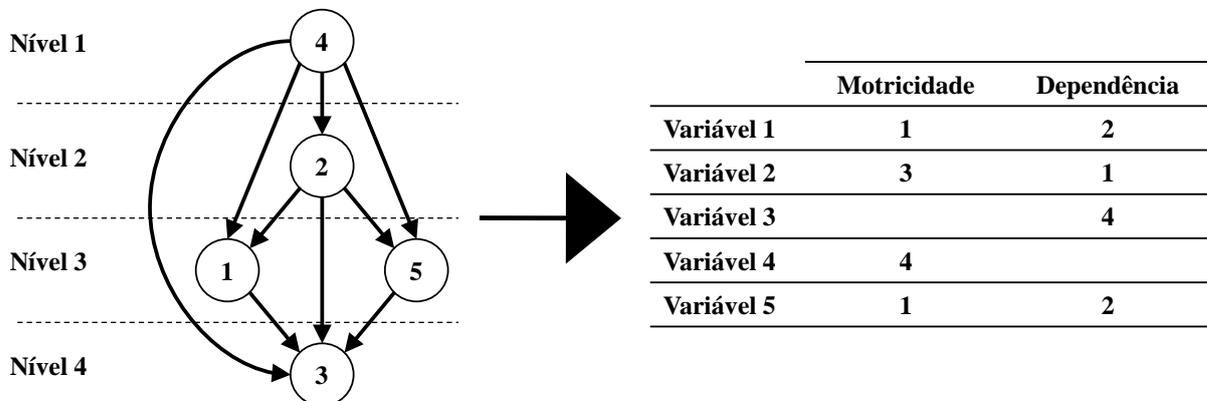


Figura 3. Grafo hierarquizado e sua tabela de motricidades e dependências

Fonte: Adaptado de Arcade, J.; Godet, M.; Meunier, F.; Roubelat, F. (1994).

No sistema utilizado como exemplo é suficiente realizar a análise apenas tomando como informação suas relações diretas, já que o sistema é acíclico, ou seja, não apresenta circuitos. Porém, em análises mais extensas e complexas, é necessária a criação de algoritmos para:

- Hierarquizar as variáveis, classificando-as pela sua motricidade (capacidade de influenciar o sistema) e dependência (capacidade de ser influenciada pelo sistema).
- Quando o sistema apresentar circuitos, considerar as relações indiretas entre as variáveis.

No primeiro item, em uma abordagem bem intuitiva, a influência direta (motricidade) de uma variável pode ser apreciada considerando as linhas na matriz estrutural. Uma variável agindo em um menor número de variáveis exerce sua influência em uma parte limitada do sistema. Igualmente, a dependência direta de uma variável é obtida considerando as colunas da matriz, ou seja, a soma das influências diretas exercidas nessa variável. Portanto, somando sistematicamente os elementos de cada linha e coluna da matriz estrutural é possível para cada variável ter a medida da motricidade e dependência para o sistema como um todo (Arcade *et al.*, 1994), conforme apresentado na tabela da Figura 3.

Em complemento, é possível analisar as variáveis colocando-as em um gráfico chamado Plano Motricidade-Dependência cujos eixos representam a motricidade e a dependência e classificando-as em (Godet, 1993):

1. Variáveis de Entrada (ou Motrizes ou Influentes): variáveis que têm alta motricidade e baixa dependência. Têm grande poder de influência para condicionar o sistema.
2. Variáveis de Ligação: apresentam alto grau de motricidade e dependência, tendo forte poder de propagação de influências. A instabilidade é uma de suas características.
3. Variáveis de Resultado (ou Dependentes): têm baixa motricidade e alta dependência. Exercem pouca influência no sistema, sendo condicionadas por ele.
4. Variáveis Excluídas (ou Desconectadas): com baixas capacidades de influenciar e ser influenciadas são independentes, não sendo determinantes para o sistema.
5. Variáveis de Pelotão: são medianamente influentes e dependentes. Não é possível dizer nada *a priori* sobre esse *cluster* de variáveis na fronteira da exclusão.

Toda essa classificação mostrada até o momento também é válida para os casos de sistemas mais complexos, que incluem circuitos e *loops*. Nesses casos, porém, a análise das influências diretas isoladamente pode ser incompleta. Algumas variáveis que apresentam, em uma primeira análise, uma motricidade baixa de acordo com suas relações diretas, quando analisadas levando-se em consideração todas as suas influências indiretas no sistema podem se tornar particularmente fortes (Arcade *et al.*, 1994).

O método mais utilizado em cenários para realizar essa análise de relações indiretas em uma matriz estrutural foi desenvolvido por M. Godet e J. C. Duperrin e chama-se MICMAC. Mas apesar de ser o método mais conhecido e utilizado, o MICMAC apresenta algumas limitações (Perestrelo & Caldas, 1998): indeterminação da motricidade e dependência indiretas, sobrevalorização da retroalimentação, ausência de estabilidade, efeitos multiplicativos, separação entre efeitos diretos e indiretos. Para resolver esses problemas do MICMAC há métodos alternativos, como o Fluxo Máximo e Propagação de Efeitos.

Método de Impactos Cruzados é o nome genérico para uma família de técnicas que tentam avaliar as mudanças na probabilidade de ocorrência de um determinado evento quando relacionado à ocorrência anterior de algum outro evento. O método começa com uma lista dos acontecimentos e suas probabilidades associadas. A hipótese básica do método é que muitas

vezes as probabilidades individuais já consideram as interações entre eventos, mas apenas de forma incompleta. Ter em conta as interdependências permite passar de um sistema de probabilidades iniciais não processadas para conjunto de probabilidades “líquidas”, ou seja, corrigidas. O resto do método consiste em analisar a sensibilidade do sistema e na construção de cenários, destacando as imagens finais mais prováveis (Godet, 1993).

Independentemente do tipo de abordagem, o método de impactos cruzados tem uma base metodológica bem definida. É um método de abordagem analítica, aplicado às probabilidades de um item dentro de um sistema em previsão. Suas probabilidades podem ser ajustadas em virtude de decisões relativas a possíveis interações entre os itens. Sabe-se, por experiência, que a maior parte dos acontecimentos está, de alguma forma, relacionada com outros eventos. Muitos acontecimentos aparentemente independentes acabam por causar ou permitir a causa de outros eventos, que pareciam não estar relacionados. A partir deste fluxo interligado, os eventos correm cada vez mais amplamente enquanto interagem com outros eventos, formando uma grande rede de interconexões. Um evento que não tenha um antecessor, que tornou esse evento mais ou menos provável ou que influenciou o seu comportamento, é difícil imaginar. Assim como também é difícil imaginar um evento que, após a ocorrência, não deixou marcas. É essa inter-relação entre eventos que é chamada de "impactos cruzados" (Gordon, 1994).

O primeiro passo para uma análise de impactos cruzados é o de definir os eventos a serem incluídos no estudo. Esse primeiro passo pode ser crucial para o sucesso do exercício. Qualquer evento não incluído no sistema será, naturalmente, completamente excluído do estudo. No entanto, a inclusão de eventos não pertinentes pode complicar a análise desnecessariamente. Numa matriz de impactos cruzados padrão, o número de pares de eventos em interação pode ser calculado como $v^2 - v$ (sendo v o número de variáveis no sistema ou eventos). Portanto, fica claro que o número de interações entre pares de eventos cresce rapidamente conforme o número de eventos aumenta.

Após a definição do conjunto de eventos, o próximo passo é estimar a probabilidade inicial de cada evento, que indica como cada evento poderá se comportar por alguns anos futuros, seguido do próximo passo na análise, que é estimar as probabilidades condicionais de cada par de eventos. Tipicamente, os impactos são estimados em resposta à pergunta: "Se o evento V_j ocorre, qual é a probabilidade de ocorrência do evento V_i ?"

Assim, se a probabilidade do evento V_i foi originalmente julgada em $P(V_i)$, e se for considerado que V_j ocorreu, uma nova probabilidade $P(V_i/V_j)$ poderá ser atribuída ao evento V_i . Assim como também pode ser atribuída uma probabilidade $P(V_i/V_jc)$ caso o evento V_j não ocorra. Toda matriz de impactos cruzados é preenchida colocando-se essa questão a cada par de eventos em relação à ocorrência e não ocorrência dos eventos, conforme Figura 4. Nesse momento é importante lembrar uma regra básica da Teoria das Probabilidades em relação ao preenchimento dessas probabilidades: não há necessidade de completar as probabilidades $P(V_ic)$, $P(V_i/V_j)$ e $P(V_i/V_jc)$. Isso porque, como a ocorrência de um evento e sua não ocorrência são mutuamente excludentes, a soma das probabilidades dos dois eventos deve ser sempre igual a 1. Portanto para duas variáveis, sendo $i \neq j$:

- $P(V_ic) = 1 - P(V_i)$
- $P(V_i/V_j) = 1 - P(V_i/V_jc)$
- $P(V_i/V_jc) = 1 - P(V_i/V_j)$

Quando as probabilidades iniciais são estimadas com referência aos outros eventos, algumas informações adicionais entram na estimativa do sistema. Para cada evento combinado, há

limites para que as probabilidades condicionais possam existir (Gordon, 1994). A questão principal é que, sob certas condições, um perito pode responder com probabilidades condicionais simples para vários pares de eventos. Mas infelizmente, é praticamente impossível que suas respostas atendam os clássicos axiomas que regem a Teoria das Probabilidades: a regra da soma [1] e a regra do produto [2] (Godet, 1993):

1. $P(V_i) = P(V_i/V_j) \cdot P(V_j) + P(V_i/V_{j^c}) \cdot P(V_{j^c})$
2. $P(V_i, V_j) = P(V_i/V_j) \cdot P(V_j) = P(V_j/V_i) \cdot P(V_i)$

	V_1		V_2		V_i		V_v	
V_1	100%	0%	$P(V_2/V_1)$	$P(V_{2^c}/V_1)$	$P(V_i/V_1)$	$P(V_{i^c}/V_1)$	$P(V_v/V_1)$	$P(V_{v^c}/V_1)$
	0%	100%	$P(V_2/V_{1^c})$	$P(V_{2^c}/V_{1^c})$	$P(V_i/V_{1^c})$	$P(V_{i^c}/V_{1^c})$	$P(V_v/V_{1^c})$	$P(V_{v^c}/V_{1^c})$
V_2	$P(V_1/V_2)$	$P(V_{1^c}/V_2)$	100%	0%	$P(V_i/V_2)$	$P(V_{i^c}/V_2)$	$P(V_v/V_2)$	$P(V_{v^c}/V_2)$
	$P(V_1/V_{2^c})$	$P(V_{1^c}/V_{2^c})$	0%	100%	$P(V_i/V_{2^c})$	$P(V_{i^c}/V_{2^c})$	$P(V_v/V_{2^c})$	$P(V_{v^c}/V_{2^c})$
V_j	$P(V_1/V_j)$	$P(V_{1^c}/V_j)$	$P(V_2/V_j)$	$P(V_{2^c}/V_j)$	$P(V_i/V_j)$	$P(V_{i^c}/V_j)$	$P(V_v/V_j)$	$P(V_{v^c}/V_j)$
	$P(V_1/V_{j^c})$	$P(V_{1^c}/V_{j^c})$	$P(V_2/V_{j^c})$	$P(V_{2^c}/V_{j^c})$	$P(V_i/V_{j^c})$	$P(V_{i^c}/V_{j^c})$	$P(V_v/V_{j^c})$	$P(V_{v^c}/V_{j^c})$
V_v	$P(V_1/V_v)$	$P(V_{1^c}/V_v)$	$P(V_2/V_v)$	$P(V_{2^c}/V_v)$	$P(V_i/V_v)$	$P(V_{i^c}/V_v)$	100%	0%
	$P(V_1/V_{v^c})$	$P(V_{1^c}/V_{v^c})$	$P(V_2/V_{v^c})$	$P(V_{2^c}/V_{v^c})$	$P(V_i/V_{v^c})$	$P(V_{i^c}/V_{v^c})$	0%	100%

Figura 4. Matriz de impactos cruzados probabilísticos padrão

A partir desse ponto, os resultados obtidos dependem dos processos e fórmulas de transição adotadas para calcular a probabilidade final. É possível, por exemplo, que os participantes da análise decidam que um julgamento deve ser mudado. Eles podem decidir que a primeira estimativa para a probabilidade do evento V_i não levou em consideração a influência do evento V_j , ou eles podem decidir que a estimativa inicial da probabilidade do evento V_i , dada a ocorrência de V_j , era demasiado baixo. Em ambos os casos, eles já aprenderam alguma coisa sobre os eventos V_i e V_j por causa do exercício de impactos cruzados. Este processo de aprendizagem, que ocorre enquanto a matriz de impactos cruzados está sendo estimada, é um dos principais benefícios da realização dessa abordagem (Gordon, 1994).

A Análise Morfológica é a mais antiga técnica de estruturação de incertezas para uso em cenários, tendo nascido e sido primeiramente utilizada durante décadas em áreas totalmente diversas da ciência. Segundo Ritchey (1998), analisar domínios políticos complexos e desenvolver cenários futuros apresenta uma série de dificuldades metodológicas como, por exemplo, a dificuldade de quantificar fatores que contêm fortes dimensões sócio-políticas e jogos entre atores, a análise morfológica mostra-se como uma alternativa para métodos matemáticos formais e de modelagem causal: uma forma de modelagem não quantificada, baseada em processos de julgamento e coerência interna, em vez de causalidade. A modelagem causal pode ser utilizada como um auxílio ao julgamento.

Na verdade, análise morfológica é um título sofisticado para um método muito simples, e frequentemente subutilizado, que foi provado ser muito útil para estimular a imaginação, ajudando a identificar produtos e processos até então desconhecidos e explorar o campo de

possíveis cenários futuros (Godet, 1993). O princípio fundamental é a decomposição do sistema estudado em subsistemas ou componentes, sendo que esses componentes devem ser o mais independentes quanto possível e cobrir a totalidade do sistema estudado. Isso forma o chamado espaço morfológico (Figura 5).

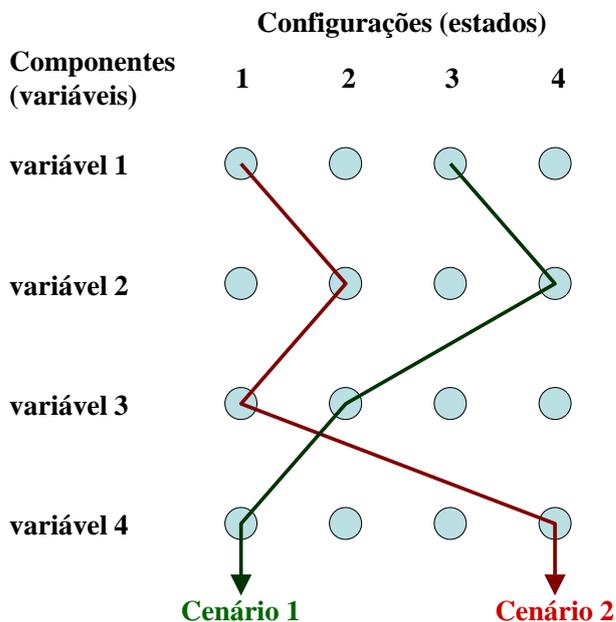


Figura 5. Espaço Morfológico

Portanto, o próximo passo no processo de análise-síntese é reduzir o conjunto de possíveis configurações totais de um espaço morfológico a um conjunto menor de configurações internamente consistentes representando um "espaço de solução", ou um subespaço morfológico.

Desenvolvimento da Proposta

Normalmente, o processo inicia na construção da estrutura do modelo, utilizando a análise estrutural. Como exemplo ilustrativo, para esse trabalho foi construído um modelo através de uma matriz de adjacência estrutural (ou *booleana*) onde as relações causais fortes recebem o valor 1 e as relações fracas recebem valor nulo. Como mostra a Figura 6, a estrutura resultante apresenta uma forma cíclica. Para termos uma melhor visão das relações indiretas entre as variáveis, é possível proceder agora com a aplicação de um algoritmo de propagação de efeitos normatizado, que realiza o cálculo da junção dos efeitos diretos e indiretos das relações entre as variáveis do sistema. O resultado final dessa etapa é a construção de uma nova matriz de adjacência na qual as células recebem novos valores *não-booleans* representando suas relações diretas e indiretas, conforme exemplifica a Figura 6 para um sistema de quatro variáveis.

O próximo procedimento seria a hierarquização das variáveis. Isso é feito ao se calcular a motricidade (soma dos valores por linha da matriz de adjacência) e a dependência (soma dos valores por coluna) de cada variável. Dessa forma, colocam-se em evidência as variáveis mais motrizes (maiores índices de motricidade e menores índices de dependência), seguidas pelas variáveis de ligação (motricidade e dependência intermediárias), que são seguidas pelas variáveis dependentes (menores índices de motricidade e maiores índices de dependência).

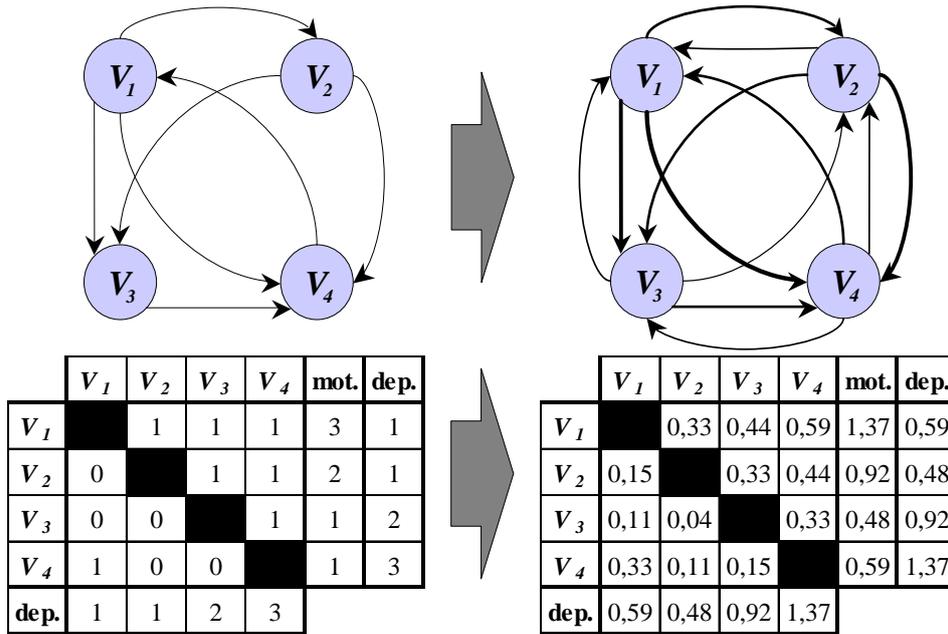


Figura 6. Análise estrutural com a aplicação do conceito de Propagação de Efeitos

A estratégia proposta neste artigo é justamente pular esse primeiro estágio de valoração dos arcos de um grafo apenas pela determinação de suas relações e ir direto ao preenchimento de uma matriz de impactos cruzados expandida em relação àquela apresentada na Figura 4, que continha apenas dois estados por variável. A matriz de impactos cruzados proposta nesse artigo (Figura 7) contém v variáveis com e estados cada, lembrando que o raciocínio do preenchimento dessa matriz é questionar se dado tal evento na coluna a esquerda acontecesse, qual seria a probabilidade do evento da linha superior acontecer.

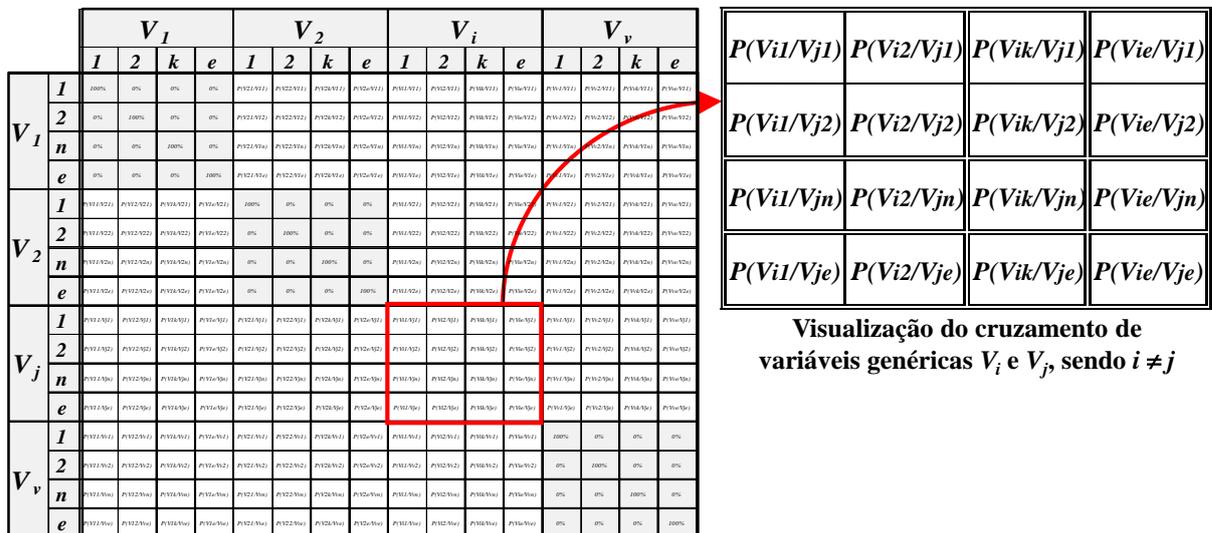


Figura 7. Matriz de impactos cruzados para mais de dois estados por variável

A partir desse momento, é possível calcular os valores de cada relação entre as variáveis do sistema ao interpretar que os valores da matriz de adjacência de uma análise estrutural são uma medida da influência que a variável antecessora realiza na variável condicionada. É possível afirmar isso a partir do momento em que se supõe logicamente que essa ordem de grandeza da influência é proporcional aos desvios entre as probabilidades *a posteriori* (condicionais) e as probabilidades *a priori* dos estados de uma variável. Ou seja, quanto maior é o valor do arco, mais influência a variável recebe de sua antecessora, maiores são os desvios

entre as probabilidades *a posteriori* e *a priori*, mais dependente ela é de sua antecessora. Na lógica inversa, quanto menor é o valor do arco, menos influência ela recebe, menores são os desvios entre as probabilidades, mais independente ela é.

Tomando esse conceito de influência como o comportamento das probabilidades *a posteriori*, dados a probabilidade *a priori* e o valor do arco na matriz de adjacência, é proposto aqui a análise das relações entre duas variáveis em quatro Graus de Influência:

- **Máxima Influência:** caracteriza a dependência total da variável sucessora em relação à sua antecessora, configurando uma relação de certeza causal. Ou seja, se o estado da variável antecessora é conhecido, então também já será conhecido o estado da sucessora. Em termos de probabilidades isso significa que $P(A/B) = 1$ e $P(A) = P(B)$.
- **Influência Forte:** caracteriza a forte influência da variável antecessora na sucessora, ou seja, as probabilidades condicionais $P(A/B)$, por influência da ocorrência de B, se distanciam bastante de $P(A)$. Ou seja, há forte dependência da variável sucessora pela antecessora. Em relação à ordem de grandeza, quanto mais próximo o valor na matriz de adjacência é do valor de Máxima Influência, mais forte é essa influência.
- **Influência Fraca:** caracteriza a fraca dependência entre as variáveis e, portanto, uma fraca influência da variável antecessora na sucessora. Isso quer dizer que as probabilidades *a posteriori* $P(A/B)$ estão relativamente próximas das probabilidades *a priori* $P(A)$. Quanto menor for o valor da relação entre essas variáveis, menor é essa influência e mais independentes elas são entre si.
- **Sem Influência:** caracteriza a independência entre as variáveis. Traduzindo em probabilidades, significa que $P(A/B) = P(A)$. O valor dessa relação é nulo.

A Figura 8 mostra, em tabelas de probabilidades genéricas, um exemplo para cada um desses Graus de Influência. Nesses exemplos, as tabelas de probabilidades consideram três estados (mutuamente exclusivos) para cada variável e suas probabilidades *a priori* e *a posteriori*. O cálculo dos valores dos Graus de Influência é realizado somando os valores absolutos das diferenças entre as probabilidades *a posteriori* e *a priori*, $[P(A/B) - P(A)]$, em cada estado de cada variável e depois normalizando pelo valor máximo possível de forma que esses valores fiquem limitados entre 0 e 1. No caso de três estados por variável esse valor máximo é 4, que corresponde à soma de todos os elementos da matriz de valores absolutos apresentada na Figura 8. Genericamente, esse valor é dado pela fórmula $2.(e - 1)$, sendo e o número de estados de dada variável.

O objetivo dessa análise é demonstrar que existe uma correlação entre essas duas formas de mensurar o nível de dependência (ou influência) entre duas variáveis em um modelo causal:

- Cálculo da junção das relações diretas e indiretas gerado pela análise de Propagação de Efeitos Normalizado a partir de uma matriz *booleana*.
- Normalização da soma dos valores absolutos dos desvios entre probabilidades *a posteriori* e *a priori* de todos os estados mutuamente exclusivos das variáveis.

O próximo passo do processo de construção dos cenários seria a análise morfológica. Bastariam as informações contidas na matriz de impactos cruzados para obter as probabilidades de todas as configurações de variáveis que um modelo pode apresentar. Mas recordando, um dos papéis mais importantes do processo de construção de cenários é a experimentação e vivência dos usuários do processo na dinâmica das relações entre as variáveis. A matriz morfológica possibilita tal experiência, já que conforme os estados das variáveis vão sendo escolhidos, as probabilidades de cada nível vão emergindo, guiando o usuário na escolha da configuração desejada, porque os dados tratados dentro da matriz de

impactos cruzados forma uma distribuição de probabilidades conjuntas que, aplicada na estrutura da análise morfológica, acaba criando um subespaço morfológico.

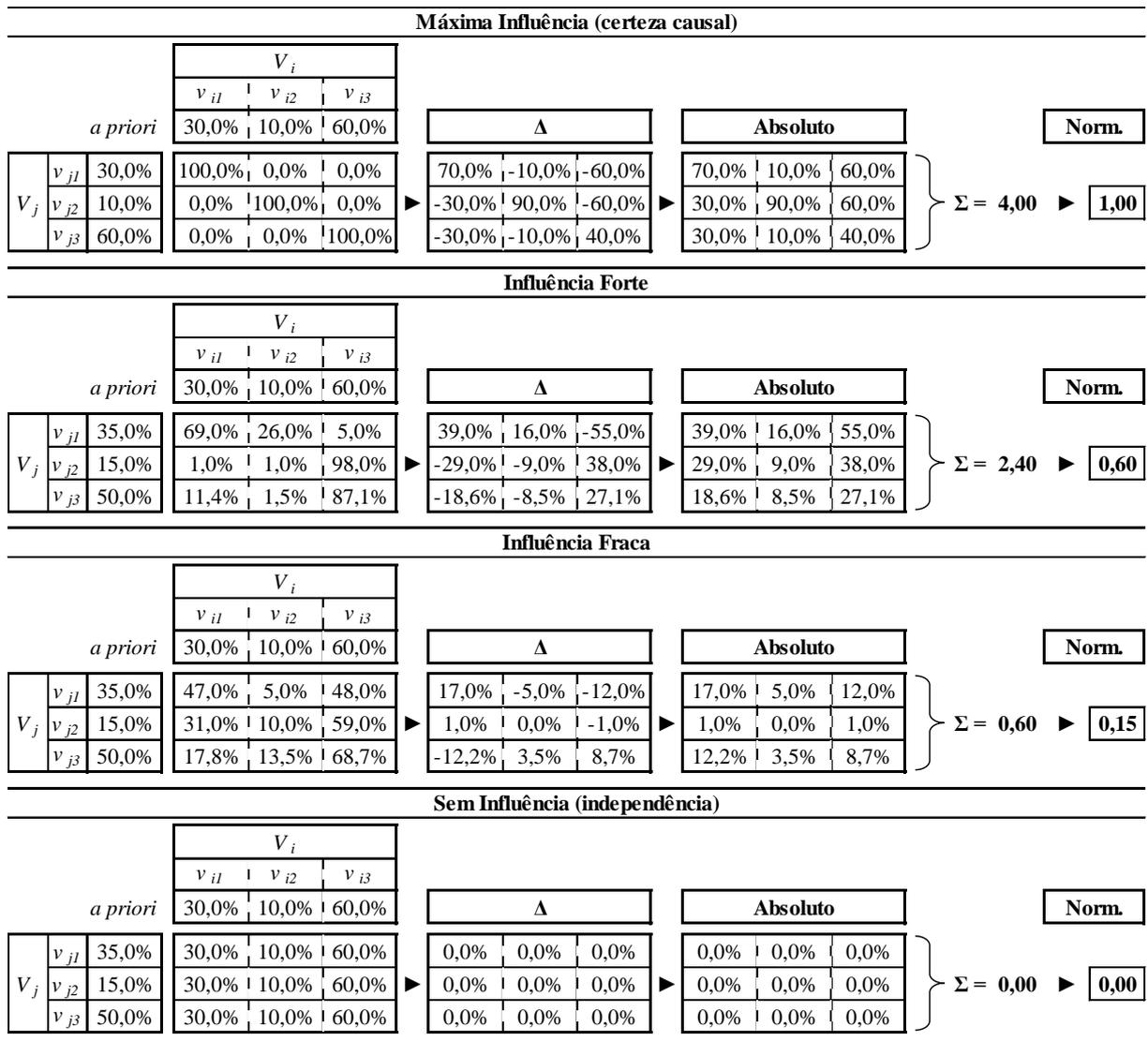


Figura 8. Desvios entre probabilidades como medida de dependência entre variáveis

Considerações Finais

Em análises prospectivas, as ferramentas e métodos utilizados devem lidar com o mínimo de informações possíveis e ser simples o bastante para que os resultados possam ser facilmente assimilados pelos tomadores de decisões. Ao mesmo tempo, devem conferir robustez e credibilidade aos resultados alcançados.

Baseada na premissa acima é que a proposta principal desse trabalho foi desenvolvida: desenvolver uma metodologia que permite integrar dois estágios do Método de Cenários de Michel Godet, a análise estrutural e a matriz de impactos cruzados, em apenas um e ainda utilizá-lo como base de criação de um subespaço morfológico para a próxima fase do método, a análise morfológica.

No decorrer do desenvolvimento do trabalho, foi possível verificar que a abordagem proposta realiza uma integração dessas duas ferramentas de construção de cenários prospectivos,

possibilitando reduzir a complexidade no processo de construção de cenários, ao mesmo tempo em que mantém a robustez da análise e dos resultados. Complexidade e robustez, no contexto desse trabalho, foram verificadas das seguintes formas:

- As bases teóricas conferem confiabilidade e credibilidade ao método desenvolvido
- O método não dá margens para interpretações, estando claros os objetivos e os papéis de cada etapa
- Há facilidade de realizar a retroalimentação no processo
- A quantidade de informações necessárias para alimentar as ferramentas é reduzida

O Método dos Cenários de Michel Godet já propõe a prática dessas duas ferramentas de forma complementar, mas não integrada. Isso porque são ferramentas de naturezas diversas. A matriz de impactos cruzados é uma ferramenta quantificada que recebe e trata informações, verifica sua consistência e coerência e retorna os resultados. Porém, tem a deficiência de ser difícil visualizar as características do modelo, entender os padrões existentes e compreender a dinâmica nas relações entre as variáveis. A análise estrutural, por outro lado, é uma ferramenta que tem como objetivo principal justamente estudar e mapear a dinâmica entre as variáveis e determinar o grau de influência de cada uma no sistema. Sua limitação reside no fato de que esse grau de influência é sempre medido de forma muito subjetiva, não levando em consideração os estados possíveis que essa variável pode apresentar. Integrar as duas ferramentas possibilita reduzir as limitações de ambas, enquanto maximiza suas vantagens.

É importante reforçar que apenas na utilização da matriz de impactos cruzados já é possível o cálculo completo da distribuição das probabilidades conjuntas do modelo e a consequente determinação de quais configurações (cenários) são mais prováveis. Porém, um dos papéis mais importantes do processo de construção de cenários é a experimentação e vivência dos usuários do processo na dinâmica das relações entre as variáveis, que a análise morfológica providencia. E para isso é necessário um processo de hierarquização de variáveis, que a matriz de impactos cruzados não é suposta a fornecer. Com a integração das duas ferramentas, é possível trabalhar os cenários através de uma análise morfológica que contém um subespaço morfológico quantificado criado através da utilização de uma matriz de impactos cruzados probabilística. Essa abordagem não só permite a construção de cenários guiada pelas probabilidades resultantes de cada configuração de variáveis como, devido a melhor visualização e entendimento dos resultados, facilita muito a retroalimentação do processo, possibilitando uma revisão na estrutura do modelo ou dados de entrada (probabilidades), e a visualização os pontos de ruptura dentro do modelo. Ou seja, integrar o método de impactos cruzados à análise estrutural reduz a complexidade existente na utilização das duas ferramentas separadamente no mesmo processo sem, no entanto, perder a robustez da análise.

O *feedback* no processo, sendo possível retornar ao início da modelagem e modificar suas probabilidades de ocorrência *a priori* e *a posteriori*, é realizado caso seja percebido que:

- Não parece haver muita coerência na dinâmica entre as variáveis. Nesse caso, a equipe de cenários deve estar muito atenta na condução do exercício para realizar a correta arbitragem evitando, assim, que esse processo de *feed-back* não leve à desconstrução das rupturas e retorno aos cenários normativos.
- O plano de ação desenvolvido no final do processo de cenarização tem impacto direto no sistema de variáveis e atores, modificando a estrutura do sistema (sendo esse o objetivo principal da Prospectiva Estratégica).

Em geral, a conclusão é que o método proposto, além de trazer a vantagem da redução da complexidade da análise, mostrou-se robusto, coerente, confiável e rigoroso, já que é

suportado por bases teóricas consagradas. O desenvolvimento da proposta de integração da análise estrutural e matriz de impactos cruzados acabou gerando uma metodologia de análise que pode ser resumida da seguinte forma:

1. Determinação das variáveis do sistema, estratificação das variáveis em seus estados e aplicação do método de impactos cruzados, determinando as probabilidades de ocorrência dos eventos considerando as relações entre as variáveis.
2. Cálculo da soma das diferenças entre as probabilidades *a posteriori* e *a priori* de cada estado das variáveis do sistema. Uma análise estrutural é gerada pela própria matriz de impactos cruzados.
3. Construção do espaço morfológico com as variáveis hierarquizadas e seus estados.
4. Construção dos cenários probabilizados através do subespaço morfológico criado pela matriz de impactos cruzados.
5. Teste de sensibilidade do modelo.

Toda a lógica por trás dessa ação baseia-se na forma como se propôs medir as dependências entre as variáveis: através da influência que uma variável exerce em sua sucessora. Esse Grau de Influência pode ser calculado de duas formas:

- Cálculo da junção das relações diretas e indiretas gerado pela análise de Propagação de Efeitos Normalizado a partir de uma matriz *booleana*.
- Normalização da soma dos valores absolutos dos desvios entre probabilidades *a posteriori* e *a priori* de todos os estados mutuamente exclusivos das variáveis.

A premissa de que há uma correlação entre as duas formas de cálculo é considerada como logicamente verdadeira, já que a base de construção de ambas as análises segue o mesmo raciocínio: a análise estrutural parte de valores nulos para definir independência, assim como o desvio nulo entre probabilidades *a priori* e *a posteriori* indica independência.

Uma limitação presente na abordagem proposta nesse trabalho é a suposição de que há uma correlação entre os Graus de Influência das variáveis calculados através da análise estrutural e através dos desvios entre as probabilidades *a priori* e *a posteriori* dos estados das variáveis, indicando que essa valorização representa o nível de dependência entre as variáveis (quanto maior, mais dependente; quanto menor, mais independente). Essa afirmação é conceitual e parte apenas da dedução lógica, sem nenhuma confirmação empírica. Pode existir nesse fato uma pista para trabalhos futuros.

Outra afirmação realizada no decorrer deste trabalho é que a abordagem proposta reduz a complexidade da análise, mantém a robustez e permite aos usuários a fácil compreensão da metodologia e entendimento da dinâmica dos cenários. Essas afirmações foram feitas com base na crença de que a integração das ferramentas de análise estrutural e matriz de impactos cruzados e a redução de informações necessárias para a construção de cenários levaria o usuário de cenários a essas conclusões. Portanto, outra pista para trabalhos futuros seria medir a percepção de profissionais que trabalham com cenários sobre como se comporta a abordagem proposta em termos de complexidade da análise, robustez do processo, confiabilidade do resultado e entendimento da metodologia.

Referências Bibliográficas

ARCADE, J.; GODET, M.; MEUNIER, F.; ROUBELAT, F. Structural Analysis with the MICMAC Method & Actors' Strategy with MACTOR Method. In: Glenn J. C.; Gordon, T. J. (Orgs.). **Futures Research Methodology**. AC/UNU: Millennium Project, 1994.

DUNCAN, N. E.; WACK, P. Scenarios Designed to Improve Decision Making. **Planning Review**, Julho/Agosto, v. 22, n. 4, p. 18-46, 1994.

GODET, M. **From Anticipation to Action: A Handbook of Strategic Prospective**. Paris: UNESCO, 1993

GODET, M.; ROUBELAT, F. Creating the Future: The Use and Misuse of Scenarios. **Long Range Planning**, v.29, n.2, p. 164-171, 1996.

GODET, M.; MONTI, R.; MEUNIER, F.; ROUBELAT, F. **A Caixa de Ferramentas da Prospectiva Estratégica**. Lisboa: CEPES, 1999.

GORDON, T. J. Cross Impact Method. In: Glenn J. C.; Gordon, T. J. (Orgs.). **Futures Research Methodology**. AC/UNU: Millennium Project, 1994.

HEIJDEN, K. **Planejamento de Cenários: A Arte da Conversação Estratégica**. Porto Alegre: Bookman, 2004.

MARCIAL, E. C.; GRUMBACH, R. S. **Cenários Prospectivos: Como Construir um Futuro Melhor**. 3ª ed. Rio de Janeiro: FGV, 2005.

MARQUES, E. **Prospec: Modelo de Geração de Cenários em Planejamento Estratégico**. BNDES, 1988. Disponível em 11 de abril de 2007 de http://www.bndes.gov.br/conhecimento/livro_ideias/livro-11.pdf.

MILES, I. Scenario Planning. **UNIDO Technology Foresight Manual: Volume 1 Organization and Methods**, p. 168–193, 2005.

PERESTRELO, M. M. M. C.; CALDAS, J. M. C. **Instrumentos de Análise para Utilização no Método dos Cenários I – Análise Estrutural**. Lisboa: Dinâmia, 1998.

RITCHEY, T. **General Morphological Analysis: A general method for non-quantified modelling**. Adapted from a paper presented at the 16th EURO Conference on Operational Analysis, Brussels, 1998. Disponível em 20 de abril de 2007 de <http://www.swemorph.com/index.html>.

SCHNAARS, S. P. How to Develop and Use Scenarios. **Long Range Planning**, v. 20, n. 1, p. 105-114, 1987.

SCHWARTZ, P. **A Arte da Visão de Longo Prazo: Planejando o Futuro em um Mundo de Incertezas**. 4ª ed. São Paulo: Best Seller, 2000.

WACK, P. Scenarios: Uncharted Waters Ahead. **Harvard Business Review**, p. 72-89, Sept/Oct, 1985a.

WACK, P. Scenarios: Shooting the Rapids. **Harvard Business Review**, p. 139-150. Nov/Dec, 1985b.