

UM MODELO DE PROBABILIDADE PARA O ESTUDO DO PROCESSO DE ADOÇÃO DE INOVAÇÕES^{1/}

José Norberto Muniz^{2/}

A constatação de que os dados estão usualmente divorciados da teoria, nas pesquisas sociológicas, não é novidade, sobretudo com relação à sociologia rural. Para BEALER (2), o campo é ateórico, ao passo que VALKONEN (7), analisando os estudos sobre difusão e adoção de inovações, argumenta que esse campo de estudo precisa muito mais de trabalhos teóricos que empíricos. Entretanto, o problema a que se refere não é apenas a inexistência de teorias, mas a sua aplicação para a compreensão dos fenômenos sociais rurais. Observa-se que, quando tal procedimento se verifica, a orientação teórica é colocada num nível muito abstrato, distante daquele em que o fenômeno analisado se manifesta.

Apenas para ilustração, cita-se o trabalho de ROGERS e SHOEMAKER (6) sobre o processo de decisão individual quando se adotam inovações. Para esses autores, o processo de adoção é constituído de cinco estágios: conhecimento da inovação, interesse, avaliação, experiência e adoção. De acordo com esse modelo, o processo termina sempre com a adoção, e os estágios ocorrem naquela sequência. CAMPBELL (4) afirma que isso nem sempre ocorre; por exemplo, a adoção pode de ocorrer sem que o fazendeiro avalie a inovação. De acordo com esse autor, o modelo proposto por ROGERS e SHOEMAKER não permite apreender a variabilidade possível no processo individual de adoção de inovações no nível empírico.

Diante disso, CAMPBELL sugere um modelo mais flexível, que apresenta também certas deficiências: diz que a adoção irracional, assim como a rejeição racional das inovações, não é postulada no modelo de adoção citado anteriormente. CAMPBELL é a favor de um modelo mais dinâmico e, para tanto, sugere um

^{1/} Recebido para publicação em 24.09.1980.

^{2/} Departamento de Economia Rural da Universidade Federal de Viçosa. 36570 Viçosa, Minas Gerais.

modelo baseado em duas variáveis principais: conhecimento do problema ou da inovação e processo racional e não-racional de decisões. O que esse autor faz é uma combinação dessas variáveis, o que permite a elaboração de um modelo individual de decisão e adoção com quatro alternativas. Além disso, elabora um processo de decisão para cada tipo, o que caracteriza o seu modelo como uma extensão do apresentado por ROGERS e SHOEMAKER.

A despeito disso, a contribuição de CAMPBELL apresenta certa vulnerabilidade. Por exemplo, o significado das variáveis processo racional e processo não-racional de decisão e o estágio da avaliação no processo de decisão se confundem. Além disso, o próprio autor está consciente da dificuldade relativa à investigação das variáveis designadas como processo racional e não-racional de decisões.

Apesar da tentativa teórica de explicar o processo individual de adoção de inovações, o modelo proposto por CAMPBELL apresenta certas dificuldades, já observadas no modelo de ROGERS e SHOEMAKER, isto é, percebe-se a dificuldade metodológica de explicar o processo ou mudança entre os estágios, não considerando, ainda, o problema de operacionalização dos diferentes estágios. Deve-se salientar que esses problemas não são concernentes apenas às orientações teóricas aqui apresentadas; pelo contrário, são característicos da própria sociologia como disciplina teórica.

É verdade que há sugestões para suprir essa deficiência. A noção de teorias de médio alcance, proposta por MERTON (5), e a argumentação de WILLER (8), a respeito de uma nova metodologia, baseada na construção de teorias por meio de modelos, são apenas dois exemplos, dentre outros. Este artigo é apenas mais uma prova de como a conexão entre a teoria e os dados pode ser feita. Para tanto, será utilizado um modelo matemático chamado Markov chain (segundo a argumentação de BARTOS (1), o termo Markov chain será usado em lugar de Markov process). Tal tentativa não é exemplo de construção de modelo. Este artigo tem como objetivo mostrar como um modelo matemático pode ser útil para representar a ocorrência de um fenômeno empírico, possibilitando, ao mesmo tempo, uma conexão entre a orientação teórica e os dados. Para tanto, faz-se necessário explicar a natureza do modelo Markov chain, para, depois, demonstrar como ele pode ser aplicado ao esquema teórico de CAMPBELL.

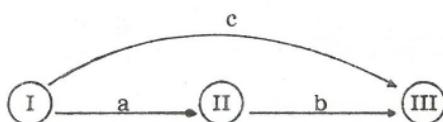
Markov chain representa a probabilidade de ocorrência ao acaso de um evento ao longo do tempo. O modelo é formado de estágios, e o movimento do evento ocorre entre os estágios. A pressuposição de Markov é que a mudança seja dependente apenas do estágio imediatamente precedente e independente de estágios anteriores. Além dessa, há duas outras pressuposições. Uma delas, denominada suposição estacionária, indica que a probabilidade de transição de um estágio para outro é constante; a outra, denominada suposição da homogeneidade, indica que a probabilidade de transição de um estágio para outro é igual para todos os indivíduos.

Antes de aprofundar o modelo de Markov são indispensáveis algumas especificações no esquema teórico de CAMPBELL. A primeira delas refere-se à identificação de duas variáveis, apenas, como ponto inicial do processo individual de adoção, isto é, o indivíduo tem conhecimento do problema antes de aplicar a inovação ou pode ter conhecimento da inovação antes de ter o problema. Os termos racional e não-racional serão, daqui para a frente, empregados apenas para caracterizar o processo de decisão e não serão considerados como variáveis. Além disso, para evitar complicações conceptuais, o processo de decisão será constituído de três estágios, a saber: conhecimento, avaliação e adoção da inovação. Os estágios designados como interesse e experiência serão excluídos do processo em razão

das dificuldades conceptuais. Por exemplo, é difícil distinguir o fato de um indivíduo ter conhecimento sem ter interesse, ou vice-versa. Do mesmo modo, os limites de separação entre experiência e adoção ficam obscuros. A determinação do momento em que o ato de experimentar passa a ser adoção, e vice-versa, fica muito difícil. Para evitar tais complicações, esses dois estágios serão excluídos do esquema teórico aqui representado.

Esse esquema teórico pode ser visto como um modelo Markov chain de três estágios. Pressupondo que o movimento dos indivíduos de um estágio para outro não siga a seqüência estabelecida pelos autores, e considerando a probabilidade de os indivíduos permanecerem nos diferentes estágios, dois modelos Markov chain podem ser representados:

A: Processo de decisão que tem como ponto de partida o conhecimento do problema:



B: Processo de decisão que tem como ponto de partida o conhecimento da inovação:

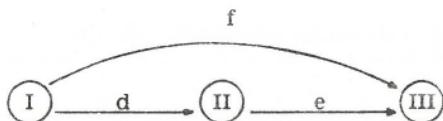


FIGURA 1 — Diagrama de transição no modelo Markov chain.

As Figuras 1A e 1B representam diferentes processos de decisão, com base no ponto inicial do processo. Cada algarismo romano indica um estágio do esquema teórico, ou seja, os algarismos I, II e III equivalem aos estágios de conhecimento, avaliação e adoção, e cada letra minúscula exprime a probabilidade de mudança de um estágio para outro. Para ter uma idéia melhor dessas probabilidades de transição, elas podem ser colocadas em forma de matriz, chamada matriz de transição:

	I	II	III		I	II	III	
I	1-a-c	a	c		I	1-d-f	d	f
II	0	1-b	b		II	0	1-e	e
III	0	0	1		III	0	0	1

FIGURA 2 — Matriz de transição no modelo Markov chain.

Nas Figuras 2A e 2B, os eventos ocorridos num ponto no tempo formam as linhas e os eventos ocorridos no tempo seguinte formam as colunas. A i-jth indica a probabilidade de um indivíduo mover-se do estágio i, no tempo t_n , para o estágio j, no tempo t_{n+1} . As linhas, quando somadas, devem dar um como resultado.

Somente para esse caso específico as probabilidades c_{13} , b_{23} , f_{13} e c_{23} podem ser, todas, iguais a zero num intervalo de tempo. Isso se justifica pelo fato de que, depois da introdução de uma inovação no sistema social, é de esperar que os indivíduos tenham necessidade de algum tempo para mudar de estágios. Deve-se salientar que as probabilidades da matriz de transição são os parâmetros do modelo Markov chain, os quais são derivados dos dados. Inicialmente, determina-se a proporção de indivíduos em cada estágio; desse conjunto de proporção, calcula-se a probabilidade condicional de um indivíduo estar no estágio j no tempo t_{n+1} , tendo em vista a ocupação do estágio i no tempo t_n .

Supondo que a matriz de transição seja estacionária (isto é, $P_{12} = P_{23} = P_{24} = \dots = P_{n1}$, $n+1$), a probabilidade de um indivíduo mover-se do estágio i , no tempo t_n , para o estágio j , no tempo t_{n+1} , pode ser prevista se a potência da matriz de transição for elevada. Por exemplo:

$$P_{13} = P_{12}P_{23} = PP = P^2$$

$$P_{14} = P_{12}P_{23}P_{34} = PPP = P^3$$

$$P_{1, n+1} = P_{12}P_{23} \dots P_{n, n+1} = PP \dots P_n = p^n$$

Até aqui, foi dada ênfase à matriz de transição, que reflete a probabilidade de mudança entre os estágios. Entretanto, se se supuser que todos os elementos de uma amostra tenham um processo comum de adoção de inovações, a proporção de indivíduos em cada estágio e em qualquer tempo poderá ser prevista. Por exemplo, se se considerar como v_{11} a proporção de indivíduos no estágio um e no tempo um, v_{21} indicará a proporção de indivíduos no estágio dois e no tempo um, e assim por diante:

$$V_0 = (v_{11}, v_{21}, v_{31})$$

$$V_1 = V_0P_{12} = V_0P$$

$$V_2 = V_1P_{12} = V_0P_{12}^2$$

$$V_3 = V_2P_{12} = V_0P_{12}^3$$

$$V_{n+1} = V_nP_{12} = V_0P_{12}^n$$

Isso significa que V_{n+1} representa um vetor que descreve a proporção de indivíduos no tempo t_{n+1} . Essa distribuição, para qualquer tempo, pode ser calculada de dois modos: pela multiplicação do vetor da distribuição dos indivíduos num tempo precedente ao atual multiplicando pela matriz de transição ou pela multiplicação do vetor inicial da distribuição de indivíduos nos diferentes estágios pela matriz de transição elevada a uma potência apropriada. Sendo assim, considerando o tipo de modelo teórico focalizado, a matriz de transição P terá a seguinte forma, à medida que o tempo n tender para o infinito:

	I	II	III	
I	0	0	1	
P ⁿ =	II	0	0	1
se n → ∞	III	0	0	1

e, consequentemente, o vetor que representa a distribuição dos indivíduos nos diferentes estágios deverá ser igual a

$$V_n = (0, 0, 1).$$

Desse modo, o modelo teórico discutido apresenta apenas um estágio absorvente. A partir do momento em que um indivíduo entra nesse estágio, não será mais possível calcular a probabilidade de sair dele.

O modelo Markov chain permite calcular justamente o tempo necessário para chegar a esse estágio. Isso, logicamente, dependerá das características da matriz de transição de probabilidades, bem como da distribuição dos indivíduos nos diferentes estágios.

Agora, as proposições teóricas de CAMPBELL podem ser elaboradas mais concretamente. Considerando a Figura 1A, o processo de decisão que tem como ponto de partida o conhecimento do problema torna possível a avaliação das alternativas:

a. o processo racional de decisão é igual à probabilidade de mudança do estágio I para o II vezes a probabilidade de mudança do estágio II para o estágio III, ou seja: $P(a) P(b)$;

b. o processo não-racional de decisão é igual à probabilidade de mudança do estágio I para o III, isto é, $P(c)$.

Por outro lado, a Figura 1B mostra que o processo de decisão que tem como ponto de partida o conhecimento da inovação possibilita a verificação das seguintes alternativas:

a. o processo racional de decisão, com relação aos desejos de mudança, é igual à probabilidade de transição entre os estágios I e II vezes a probabilidade de transição entre os estágios II e III, ou seja: $P(d) P(e)$;

b. o processo não racional de decisão, com relação aos desejos de mudança, é igual à probabilidade de transição entre os estágios I e III, isto é, $P(f)$.

Torna-se também possível avaliar a probabilidade de não-adoção para os diferentes tempos a serem considerados. Por exemplo, $P(1-a-c) P(1-b)$ e $P(1-c)$, para os dois casos discutidos. Não se deve esquecer que cada uma dessas probabilidades indica a possibilidade de os indivíduos permanecerem em cada estágio. Outra al-

ternativa de análise que o modelo Markov chain propicia é a comparação entre os dois processos mencionados, os quais são independentes por causa dos diferentes pontos de partida no processo de decisão. Com essa comparação, um fator que merece estudo é o valor dos parâmetros nos diferentes processos.

Vale destacar que o modelo Markov chain não resolve todas as inconveniências, uma vez que é limitado pelas suas próprias pressuposições. Entretanto, alguns pontos positivos podem ser obtidos com tal tentativa. Pode-se observar que as variáveis são facilmente medidas; a avaliação dessas variáveis é feita em termos de proporção. Além disso, pela transformação dos conceitos teóricos em variáveis matemáticos, o modelo Markov chain mostra que as relações matemáticas se adaptam às relações dos conceitos no plano teórico. Apenas para ilustração, BERGER *et alii* (3) destacam várias características de um modelo representacional, das quais as seguintes alternativas se aplicam ao caso de que se trata:

- a. o modelo fornece uma descrição precisa do processo;
- b. o processo como um todo pode ser especificado em termos de um pequeno número de quantidades;
- c. o modelo fornece meios para gerar o processo como um todo.

SUMMARY

The paper's goal is to represent the individual adoption process by means of a probabilistic mathematical model. A Markov chain is applied for the case in question, and its advantages and disadvantages are examined in comparison with broader theoretical perspectives on the adoption of innovations.

LITERATURA CITADA

1. BARTOS, O.J. *Simple models of group behavior*. New York, Columbia University Press, 1967. 131 p.
2. BEALER, R.C. Theory and rural sociology. *Rural sociology*, 40(4):445-477. 1975.
3. BERGER, J., CONNER, T.L. e FISEK, M.H. *Types of formalizations in small group research*. Boston, Houghton Mifflin Company, 1962.
4. CAMPBELL, R.R. A suggested paradigms of the individual adoption process. *Rural sociology*, 31(2):458-466. 1966.
5. MERTON, R.K. *Sociologia, teoria e estrutura*. São Paulo, Editora Mestre Jou, 1968. 758 p.
6. ROGERS, E.M. & SHOEMAKER, F.F. *Communication of innovations*. New York, Free Press, 1971. 476 p.
7. VALKONEN, T. On theory of diffusion of innovations. *Sociologia Rural*, 10(8): 162-179. 1970.
8. WILLER, D. *Scientific sociology*. New Jersey, Prentice-Hall, Inc., 1967. 131 p.