



A RELAÇÃO ENTRE EFEITOS DE REDE E CICLOS DE *FEEDBACK* – APLICAÇÃO PRÁTICA EM UMA REDE DE APOSTADORES

Danielle Cunha Sampaio

Felipe Hatem

Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia de Produção da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Engenheiro.

Orientador: Lino Guimarães Marujo, D.Sc.

Rio de Janeiro
Agosto de 2013

**A RELAÇÃO ENTRE EFEITOS DE REDE E CICLOS DE *FEEDBACK* –
APLICAÇÃO PRÁTICA EM UMA REDE DE APOSTADORES**

Danielle Cunha Sampaio

Felipe Hatem

PROJETO DE GRADUAÇÃO SUBMETIDO AO CORPO DOCENTE DO CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DA ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE ENGENHEIRO DE PRODUÇÃO.

Examinado por:

Prof. Lino Marujo, D.Sc.

Prof. Amarildo Fernandes, D.Sc.

Prof. Vinicius Cardoso, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

AGOSTO de 2013

Sampaio, Danielle Cunha

Hatem, Felipe

A relação entre Efeito de Rede e Ciclos de *Feedback* – Aplicação Prática em uma Rede de Apostadores/ Danielle Cunha Sampaio e Felipe Hatem. – Rio de Janeiro: UFRJ/ ESCOLA POLITÉCNICA, 2013.

XIII, 78 p.: il.; 29,7 cm.

Orientador: Lino Marujo

Projeto de Graduação – UFRJ/ Escola Politécnica/ Curso de Engenharia de Produção, 2013.

Referências Bibliográficas: p. 67-70

1. Efeito de Rede. 2. Ciclos de *Feedback*. 3. Simulação.

I. Marujo, Lino. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Curso de Engenharia de Produção. III. A relação entre Efeito de Rede e Ciclos de *Feedback* – Aplicação Prática em uma Rede de Apostadores.

À nossa família, pelo apoio,
compreensão e exemplo de vida.

Agradecimentos

Nossos agradecimentos são, primeiramente, destinados àqueles que tanto apoio nos deram durante a realização deste trabalho.

Demonstramos nossa grande gratidão ao nosso professor e orientador desse projeto Lino Guimarães Marujo por sua amizade e dedicação. Sua orientação foi fundamental para desenvolvimento deste trabalho.

Agradecemos também aos demais professores do curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio de Janeiro, cujos ensinamentos foram base para que nos tornássemos bons profissionais e serão aproveitados para toda vida, tanto profissional quanto pessoal.

Aos nossos amigos, pelo carinho, amizade, incentivo e companheirismo, durante toda a faculdade.

Nosso agradecimento especial às nossas famílias, que estiveram sempre presentes em nossas vidas, nos apoiando em tudo que fazemos, possibilitando que chegássemos até aqui.

Por fim, agradecemos a todos que, de alguma maneira, se fizeram presentes durante o desenvolvimento do nosso trabalho.

“Aqueles que se sentem satisfeitos sentam-se e nada fazem. Os insatisfeitos são os únicos benfeitores do mundo.”

Walter S. Landor.

Resumo do Projeto de Graduação apresentado à Escola Politécnica/ UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Engenheiro de Produção.

A relação entre Efeito de Rede e Ciclos de *Feedback* – Aplicação Prática em uma Rede de Apostadores

Danielle Cunha Sampaio

Felipe Hatem

Agosto/2013

Orientador: Lino Marujo

Curso: Engenharia de Produção

O presente trabalho apresenta uma revisão sobre os conceitos de efeito de rede e ciclos de *feedback* abordados em algumas das disciplinas cursadas pelos autores ao longo do curso de Engenharia de Produção na Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Em seguida, é estudada a relação entre estes dois conceitos, expondo exemplos em que esta relação pode ser aplicada.

Por fim, é elaborado um modelo envolvendo uma rede de apostadores para validação de duas hipóteses relacionadas ao tema: i) existe efeito de rede no modelo de apostas elaborado; e ii) a entrada de novos participantes na aposta não é indefinidamente acompanhada por um aumento do benefício para os apostadores originais. A validação das hipóteses é realizada por meio da análise de dados obtidos a partir de uma simulação que gera cenários possíveis para as apostas. Desse modo, a discussão sobre efeitos de rede e ciclos de *feedback* assume um caráter mais objetivo, contribuindo com argumentos factíveis à validação das hipóteses.

Palavras-chave: Efeito de Rede, Ciclo de *Feedback*, Simulação.

Abstract of Undergraduate Project presumed to POLI/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Engineer.

THE CONNECTIONS BETWEEN NETWORK EFFECT AND FEEDBACK CYCLES
- PRACTICAL APPLICATION ON A NETWORK OF BETTORS

Danielle Cunha Sampaio

Felipe Hatem

August/2013

Advisor: Lino Marujo

Course: Industrial Engineering

This work presents an overview of the concepts of network effects and feedback loops discussed in some of the classes taken by the authors during the Industrial Engineering course at the Federal University of Rio de Janeiro (UFRJ). Then, it is studied the connections between these two concepts, by showing examples in which these connections can be applied.

Finally, a model is developed involving a network of bettors to validate two hypotheses related to the subject: i) network effect exists in the elaborated model and ii) the entry of new participants in the betting is not accompanied by an indefinite increase of benefit for the original bettors. The validation of the hypotheses is made by analyzing the data obtained from a simulation that generates possible scenarios for the bets. Thus, the discussion of network effects and feedback loops takes a more objective approach, contributing to the validation of hypothesis with feasible arguments.

Keywords: Network Effect, Feedback Loop, Simulation.

Sumário

Introdução.....	1
1.1 Apresentação.....	1
1.2 Objeto.....	2
1.3 Objetivo	2
1.3.1 Objetivo Geral	2
1.3.2 Objetivo Específico	3
1.4 Justificativa	3
1.5 Método	6
2 Referencial Teórico	8
2.1 Efeito de Rede.....	8
2.1.1 Visão geral.....	8
2.1.2 Relação do efeito de rede com a Engenharia de Produção	10
2.1.3 O valor de uma rede	10
2.1.4 Fontes do efeito de rede	12
2.1.4.1 Troca.....	12
2.1.4.2 Poder de permanência.....	13
2.1.4.3 Benefícios complementares	14
2.1.5 Tipos de efeito de rede	14
2.1.5.1 Efeito de rede direto	14
2.1.5.2 Efeito de rede indireto	15
2.1.5.3 Efeito de rede em duas vias	16
2.1.5.4 Efeito de rede local	16
2.1.6 Saturação da rede	17
2.1.7 Estratégias de competição	18
2.1.7.1 Mover-se cedo	18
2.1.7.2 Subsidiar a adoção	18

2.1.7.3 Redefinir o mercado	19
2.1.7.4 Alianças e parcerias	20
2.2 Ciclos de <i>Feedback</i>	21
2.2.1 Visão Geral sobre Dinâmica de Sistemas	21
2.2.2 Feedback.....	24
2.2.2.1 Feedback positivo	27
2.2.2.2 Feedback negativo	32
2.3 Relação entre Efeito de Rede e Ciclos de <i>Feedback</i>	36
2.3.1 Microsoft	36
2.3.2 Videogames	37
2.3.3 Whatsapp.....	38
2.3.4 Língua Inglesa	39
2.3.5 Facebook	40
2.4 Técnicas de Simulação.....	43
2.4.1 Simulação	43
2.4.2 Método de Monte Carlo	44
2.4.2.1 Vantagens e Desvantagens	46
2.4.3 O método	47
3 Aplicação Prática.....	49
3.1 Definição do caso.....	49
3.2 Objetivo do estudo do caso	50
3.2.1 Hipótese I	50
3.2.2 Hipótese II.....	50
3.3 Metodologia	53
3.3.1 Premissas	53
3.5 Modelagem	56
3.6 Resultados	58

3.7 Validação de Hipóteses.....	62
3.7.1 Hipótese I.....	62
3.7.2 Hipótese I:	62
3.8 Discussão final sobre o modelo	63
4 Conclusão	65
Referências Bibliográficas.....	67
Apêndice A.....	71
Apêndice B: Código VBA.....	72

Lista de Figuras

Figura 1: Efeito de Rede – Telefone.....	11
Figura 2: Comparação entre as visões linear e não-linear	23
Figura 3: Sistemas de <i>Feedback</i>	25
Figura 4: Crescimento Exponencial - <i>Feedback</i> Positivo	26
Figura 5: Goal-seeking - <i>Feedback</i> negativo.....	27
Figura 6: Exemplo ovos e galinhas	28
Figura 7: Exemplo <i>Twitter</i>	29
Figura 8: Ciclo de Reforço - Qualidade do Produto.....	30
Figura 9: Ciclos positivos com polaridades negativas.....	31
Figura 10: Exemplo das galinhas: <i>Feedback</i> Negativo	32
Figura 11: Exemplo Ciclo de Equilíbrio	33
Figura 12: Ciclo de Equilíbrio – Qualidade do Produto.....	34
Figura 13: Ciclo de equilíbrio situação genérica	34
Figura 14: Ciclo de reforço Windows	37
Figura 15: Exemplo da rede do <i>Whatsapp</i>	39
Figura 16: Exemplo Língua Inglesa	40
Figura 17: Exemplo <i>Facebook</i>	41

Figura 18: Ciclo de Equilíbrio – <i>Facebook</i>	42
Figura 19: Método de Monte Carlo	48
Figura 20: Estrutura do "bolão"	51
Figura 21: Ciclo de reforço no "bolão"	52
Figura 22: Ciclo de equilíbrio no "bolão"	52
Figura 23: Gráfico apostadores x valor esperado	60
Figura 24: Pontos críticos do gráfico apostadores x valor esperado	61
Figura 25: Aba Dados	77
Figura 26: Aba Resultados	78

Lista de Tabelas

Tabela 1: Probabilidades de resultados consolidadas.....	55
Tabela 2: Resultados consolidados.....	59
Tabela 3: Tabela de Resultados	71

INTRODUÇÃO

1.1 Apresentação

Este documento é a apresentação dos resultados obtidos a partir do estudo sobre a relação entre os conceitos de Efeito de Rede e Ciclos de *Feedback*.

Os conceitos de Efeito de Rede e Ciclos de *Feedback* foram estudados em algumas disciplinas ao longo do curso de Engenharia de Produção da UFRJ. Efeito de Rede pode ser entendido como o que faz com que o valor de um produto ou serviço aumente conforme aumenta o número de usuários. Ciclos de *Feedback* (estudados no contexto da Dinâmica de Sistemas) por sua vez acontecem quando determinada variável X, por exemplo, afeta outra variável Y, que volta a influenciar X. Ciclos de *Feedback* podem ser positivos (ciclos de reforço), que tendem a amplificar ou reforçar o que quer que esteja ocorrendo no sistema ou negativos (ciclos de equilíbrio), em que ocorre a situação contrária.

Deste modo, a proposta deste Projeto de Graduação é, a partir do estudo aprofundado destes dois conceitos, entender as relações entre eles. Assim sendo, o segundo capítulo deste documento, que tem como objetivo apresentar a revisão bibliográfica deste estudo, trata principalmente destes dois supracitados.

A partir deste estudo teórico, serão utilizadas técnicas de Simulação, também aprendidas ao longo do curso, buscando aplicar esta relação em um exemplo prático. O exemplo elaborado consiste em uma rede de apostadores em um jogo de final de Copa do Mundo.

O objetivo desta simulação é de validar duas hipóteses. A primeira: a entrada de um novo apostador na rede aumenta o valor da rede para os outros usuários porque o montante apostado aumenta. A partir de determinado momento, supõe-se que a entrada de um novo participante acrescentaria uma pequena parcela ao montante apostado e aumentaria as chances de se ter que dividir o prêmio, reduzindo assim o prêmio individual, indicando a saturação da rede. Assim, a segunda hipótese consiste em verificar se realmente existe um ponto em que a rede satura.

Conforme será visto detalhadamente no terceiro capítulo deste projeto, a Simulação será realizada a partir do Método de Monte Carlo (MMC), que é um método estatístico utilizado em simulações estocásticas com diversas aplicações em diferentes áreas. De forma geral, como já mencionado anteriormente, a Simulação busca entender um sistema em que o efeito de rede está presente, mas que em algum momento a rede satura. Assim, no início, poderia ser considerado um ciclo de reforço, e depois do ponto de saturação, um ciclo de equilíbrio, mostrando a possível relação entre os conceitos de Efeito de Rede e Ciclos de *Feedback* neste exemplo.

Uma vez realizada a simulação, será possível confirmar ou refutar as hipóteses iniciais. A partir dos resultados da simulação, será possível concluir se o modelo prático proposto é realmente uma aplicação da relação entre Efeito de Rede e Ciclos de *Feedback*.

Por fim, o quarto capítulo deste trabalho é também o último e apresenta a conclusão de todo estudo realizado neste Projeto de Graduação.

1.2 Objeto

Este trabalho aborda os conceitos de Efeito de Rede e Ciclos de *Feedback* estudados ao longo do curso de Engenharia de Produção da UFRJ e busca entender as relações entre eles.

Além disso, o projeto tem também como objetivo aplicar estes conceitos em um exemplo prático. Para isso, será proposto um modelo de Simulação envolvendo uma rede de apostadores. A Simulação será realizada a partir do Método de Monte Carlo, que foi também um dos objetos de estudo durante este curso.

1.3 Objetivo

1.3.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste projeto é estudar as relações entre Efeito de Rede e Ciclos de *Feedback*. Os dois conceitos já foram escolhidos ao longo do curso como objeto de estudo em algumas atividades acadêmicas desenvolvidas pelos autores deste projeto, uma vez que ambos desfrutam do mesmo interesse envolvendo estes dois temas da Engenharia de Produção.

Desta forma, será realizado um estudo detalhado sobre estes dois conceitos, sobre as relações entre eles, buscando aprofundar este conhecimento.

1.3.2 Objetivo Específico

Aplicar os conceitos de Efeito de Rede e Ciclos de *Feedback* a um exemplo prático, de forma que este projeto não seja meramente baseado em revisão bibliográfica, pode ser considerado um dos objetivos específicos deste trabalho.

Além deste, vale destacar também outro objetivo específico deste projeto. Os conhecimentos de Simulação aprendidos ao longo da disciplina de Simulação despertaram grande interesse nos autores deste projeto. Desta forma, aplicar estes conhecimentos fora da obrigatoriedade da disciplina também é um dos objetivos deste projeto.

1.4 Justificativa

Como ressaltado em seções anteriores, o presente trabalho tem como seu objetivo principal estudar as relações entre os conceitos de Efeito de Rede e Ciclos de *Feedback*. Como também já mencionado anteriormente, os dois assuntos estiveram envolvidos em discussões em determinadas disciplinas ao longo do curso de Engenharia de Produção da UFRJ.

No decorrer do curso, principalmente nos períodos finais, os autores foram apresentados ao conceito de Efeito de Rede e puderam estudar, ainda que de forma superficial, suas consequências em diferentes cenários.

O efeito de rede, fenômeno pelo qual um bem ou serviço se torna mais valioso quando mais pessoas passam a usá-lo, muda a lógica de valor da economia clássica, em que o bem de maior valor é aquele mais escasso. Na economia moderna, cada vez mais, existem bens que têm seu valor de mercado ampliado na medida em que aumenta sua penetração de mercado. É o caso de aparelhos eletrônicos como os telefones celulares, de tecnologias como o *WiFi*, de redes sociais como o *Facebook*, *Instagram* etc.

Em diversos contextos, o efeito de rede pode ter importância significativa. O efeito de rede permite que empresas inseridas em mercados em que existe este fenômeno desfrutem de vantagens competitivas que podem determinar a liderança no

mercado. Assim, identificar a importância do efeito de rede, planejar como ele será criado e alimentado, pode se tornar um importante passo de uma análise estratégica em diferentes situações.

Desta forma, é possível concluir que o conceito de Efeito de Rede está presente em diversas discussões em diferentes áreas, participando de decisões estratégicas das empresas. Assim, fica clara a grande importância deste conceito nos dias e, conseqüentemente, sua importância para Engenharia de Produção. Como era esperado para um tema tão significativo, o assunto gerou interesse dos autores, que se propõem a estudá-lo no presente trabalho.

De forma similar, o assunto conhecido como Dinâmica de Sistemas despertou também grande interesse dos autores. Este tema também foi pontuado em algumas disciplinas do curso.

Em uma das cadeiras do curso, os autores desenvolveram um trabalho em grupo sobre este tema e puderam, então, se familiarizar bastante com o mesmo e perceber a importância deste assunto para diversas áreas de conhecimento. Este trabalho foi certamente muito marcante para os autores, por diversos motivos: permitiu reconhecer o valor da Dinâmica de Sistemas, proporcionou o grande interesse pelo tema e despertou a vontade de estudá-lo novamente neste Projeto de Conclusão de Curso.

Dinâmica de Sistemas, como será visto em detalhes, foi criada por FORRESTER (1961) e consiste em uma abordagem para estudar sistemas complexos, não-lineares e que contenham *feedback loops* (ciclos de *feedback*). Baseado nos trabalhos de FORRESTER (1961) e STERMAN (2000), CORBETT (2003) afirma que o conceito central desta metodologia é o *feedback*; os modelos de Dinâmica de Sistemas são formados por diversos ciclos de *feedback*.

Foi a partir do estudo sobre Dinâmica de Sistemas mencionado anteriormente que os autores absorveram conhecimento sobre ciclos de *feedback*, que consiste em um dos temas centrais deste Projeto.

Uma vez familiarizados com os dois conceitos, Efeitos de Rede e Ciclos de *Feedback*, os autores perceberam a possível relação entre eles. Assim, em função da importância destes dois conceitos hoje na Engenharia de Produção, assim como em

outras áreas de conhecimento, e do interesse dos autores pelos dois temas, foi possível decidir por estudar a relação entre eles como objetivo do Projeto Final do curso.

Decidido qual seria o tema central do Projeto de Graduação, os autores buscaram decidir de que forma seria realizado este estudo. Motivados por aprofundar seus conhecimentos sobre os dois assuntos em questão e as relações entre eles, estava claro para os autores que seria necessária uma Revisão Bibliográfica sobre os temas. Entretanto, ambos concordaram que um trabalho puramente teórico não seria a melhor forma de desenvolver este projeto. Desta forma, o próximo passo foi decidir de que forma estes conceitos poderiam ser aplicados de forma prática.

Com o objetivo de aplicar os conceitos em um exemplo prático, foi desenvolvido um exemplo envolvendo uma rede apostadores em um único jogo. O exemplo trata de uma aposta em um jogo de Final de Copa do Mundo. A escolha por esse evento se deu em função do interesse por futebol e do assunto recorrente atualmente sobre os grandes eventos deste ano (Copa das Confederações) e do ano que vem (Copa do Mundo) no Brasil que proporcionam muitas apostas deste tipo.

O objetivo deste exemplo já foi mencionado na primeira seção deste documento e consiste em testar duas hipóteses: (I) validar se existe efeito de rede no caso da rede de apostadores e (II) verificar se existe um ponto em que a rede satura. Para analisar estas hipóteses, foram realizadas simulações que mostram o prêmio individual esperado para diferentes números de participantes. Para realizar estas simulações, os autores lançaram mão do Método de Monte Carlo.

Assim como no caso de Dinâmica de Sistemas, um trabalho desenvolvido ao longo do curso foi fundamental para despertar o interesse dos autores por Simulação e mais especificamente pelo Método de Monte Carlo, que apresenta diversas vantagens. Assim, foi possível utilizar estes conhecimentos adquiridos para realizar a simulação do exemplo proposto. Os detalhes sobre a simulação serão apresentados no terceiro capítulo deste documento.

De modo a garantir a consistência do modelo e justificar sua escolha, os autores realizaram mais uma revisão bibliográfica; desta vez, sobre o Método de Monte Carlo.

Com o que foi apresentado até o momento, é possível perceber que este trabalho é fruto de alguns fatores: o interesse acadêmico dos autores por dois temas (Efeito de Rede e Ciclos de *Feedback*) de grande importância atualmente, desejo de aplicar os conhecimentos adquiridos sobre Simulação fora do contexto da disciplina e oportunidade de aplicação do estudo em um cenário relacionado ao futebol, que é assunto de interesse dos autores.

1.5 Método

Este trabalho começou a partir de pesquisa bibliográfica sobre os dois conceitos em questão: Efeito de Rede e Ciclos de *Feedback*.

O primeiro assunto a ser pesquisado foi Efeito de Rede. Assim, os conhecimentos aprendidos ao longo do curso de Engenharia de Produção foram revisados e aprofundados e outros novos conhecimentos sobre o tema foram adquiridos ao longo desta pesquisa. A pesquisa se deu a partir de material dos alunos utilizados ao longo das disciplinas relacionadas, buscas por palavra-chave em meio eletrônico, na Base Capes e por meio de material sugerido pelo professor orientador deste projeto

Uma vez estudado o Efeito de Rede, a próxima etapa foi realizar uma pesquisa bibliográfica, tão detalhada e confiável como a anterior, para Ciclos de *Feedback*. Da mesma forma, a pesquisa sobre este tema se deu a partir dos mesmos meios que a anterior. Uma vez que ciclos de *Feedback* estão intimamente relacionados à Dinâmica de Sistemas, a pesquisa, apesar de focada em Ciclos de *Feedback*, foi sobre Dinâmica de Sistemas.

Como já mencionado anteriormente, os autores não pretendiam que este projeto fosse apenas teórico e, buscando encontrar uma aplicação prática, discutiram sobre qual seria a melhor forma de fazê-lo, utilizando recursos aprendidos ao longo do curso. Felizmente, foi possível unir a vontade de expandir os conhecimentos sobre Simulação a esta questão, e, então, foi escolhido o método de Monte de Carlo como forma de aplicar os conceitos ao caso de uma rede de apostadores. Para garantir que o método pudesse ser aplicado ao exemplo proposto, foi feita também uma revisão bibliográfica sobre o tema.

Depois disso, o próximo passo consiste na elaboração do caso em que se tentará aplicar os conceitos de Efeito de Rede e Ciclos de *Feedback*. No terceiro capítulo deste trabalho, os autores apresentam uma descrição detalhada do exemplo escolhido, explorando todas as características do caso proposto.

Em seguida, neste mesmo capítulo, será apresentada a metodologia utilizada para estudo de caso: as premissas utilizadas, as hipóteses a serem testadas, os dados utilizados.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo apresenta a revisão bibliográfica sobre os temas em questão neste Projeto de Graduação. O primeiro item deste capítulo aborda a revisão sobre Efeito de Rede, apresentando o conceito detalhadamente, citando exemplos e relacionando o mesmo com as disciplinas da Engenharia de Produção da UFRJ em que o conceito foi apresentado aos alunos.

O segundo item, por sua vez, apresenta o estudo realizado sobre Dinâmica de Sistemas, como foco principal nos ciclos de *feedback*. Nesta etapa, em um primeiro momento, será apresentada a metodologia de Dinâmica de Sistemas e depois será dado foco aos ciclos de *feedback*.

Apresentados estes conceitos, a terceira parte deste segundo capítulo relaciona os dois assuntos, apresentando situações em que é possível perceber a presença destes dois conceitos.

Por fim, a última seção do capítulo apresenta uma revisão sobre Simulação, principalmente sobre o Método de Monte Carlo. Este método foi utilizado na terceira etapa deste trabalho, em que os autores se propõem a aplicar os dois conceitos em um exemplo prático. Desta forma, o método foi empregado para realizar as simulações necessárias para validação das hipóteses propostas neste estudo.

2.1 Efeito de Rede

2.1.1 Visão geral

Segundo LUECKE (2008 apud RODRIGUES 2008), a estratégia efeito de rede consiste no valor em que determinado produto aumenta conforme mais produtos são vendidos e a rede de usuários aumenta.

Em outras palavras, efeito de rede é o que faz o valor de um produto ou serviço aumentar quando há um crescimento do número de usuários. Um exemplo clássico em que há influência deste efeito é o telefone. Ao comprar um telefone, o novo usuário está acrescentando valor à rede de usuários, já que estes terão uma pessoa a mais para se comunicar. O valor da rede vai tendo seu valor incrementado com o aumento do número de usuários, fazendo com que novos usuários sejam atraídos.

Outros casos em que o efeito de rede está presente são redes sociais, jogos *online*, *softwares* de computador, entre outros que serão tratados neste texto. Entretanto, o efeito de rede não está presente em todos os mercados. Por exemplo, ao comprar um móvel (cadeiras, mesa, prateleiras) para sua casa, as outras pessoas que têm o mesmo móvel não terão o valor do uso aumentado.

Mesmo em estruturas de rede, o efeito de rede pode não estar presente. Na distribuição de produtos cosméticos, os revendedores formam uma rede de vendas. Um novo vendedor não acrescentará valor aos outros; pelo contrário, este novo elemento na rede pode resultar em vendas ainda mais divididas entre os vendedores.

O efeito de rede não deve ser confundido com a economia de escala. Na economia de escala, o benefício existe na produção de um produto a mais, reduzindo o custo médio de todos os produtos. No efeito de rede, o proveito consiste na entrada de mais um usuário na rede que permitirá novas conexões entre usuários.

Uma vez que já existam muitos usuários, o efeito de rede se encarrega de mantê-los na rede, fato que será abordado posteriormente. Assim, o efeito de rede atua como barreira de entrada no mercado. Um novo competidor terá que realizar um esforço muito grande para quebrar a rede da organização dominante, que já possui valor alto devido ao efeito de rede. Para não enfrentar esta barreira de entrada, as organizações procuram chegar primeiro ao mercado e se estabelecer como líder.

O efeito de rede contribui para a criação de padrões no mercado. A rede que possuir número mais elevado de usuários que as outras apresentará maior valor. Assim, há um incentivo para que as pessoas deixem suas redes para participar da rede dominante. Como consequência, geralmente restam apenas algumas redes (ou apenas uma) no mercado, favorecendo um produto como padrão no mercado. Este é caso do Excel da Microsoft, *software* de manipulação de dados líder de mercado. As pessoas investem tempo e dinheiro aprendendo a usar este programa porque todas as empresas o adotaram em suas operações. Ainda, as empresas usam o Excel porque todos seus funcionários estão acostumados com ele.

2.1.2 Relação do efeito de rede com a Engenharia de Produção

O efeito de rede possui relação com vários campos da Engenharia de Produção, tendo sido abordado, principalmente, em três disciplinas ao longo do curso: Logística, Planejamento Estratégico e Planejamento e Controle da Produção II.

Em Logística, o efeito de rede está presente na interação entre meios de transporte e vias por onde eles trafegam. Por exemplo, os trilhos de uma ferrovia são padronizados porque o construtor da ferrovia tem interesse em que o máximo de trens possa passar por ela. Ao adaptar seus trilhos ao formato da rede mais utilizada, o operador da ferrovia está se beneficiando do valor gerado pela grande quantidade de trens que a usarão.

O efeito de rede apresenta grande importância nos mercados em que está presente, devendo ser levado em consideração na elaboração do Planejamento Estratégico de organizações. Imagine uma empresa que provê meios de comunicação aos seus usuários. Certamente durante a elaboração de seu planejamento estratégico ela usará o efeito de rede como potencializador do seu crescimento ou como uma barreira de entrada ao mercado.

Para o Planejamento e Controle da Produção, o efeito de rede influencia o controle das operações de produção. As operações de produção devem estar preparadas para atender a totalidade do mercado caso o produto se torne o padrão graças ao efeito de rede. Ainda, caso o produto não obtenha sucesso, as operações devem ser flexíveis para serem retiradas de atividade, já que um produto que não está entre os líderes de um mercado com efeito de rede está fadado ao fracasso.

Outros exemplos poderiam ser utilizados para explicar essa relação entre efeito de rede e a Engenharia de Produção. Mesmo tendo em vista tal fato, os casos citados neste texto não se limitam a esta relação, já que o presente trabalho busca apresentar todas as principais características do efeito de rede.

2.1.3 O valor de uma rede

O valor que um produto ou serviço fornece ao cliente é uma medida difícil de quantificar. O grau de utilidade que este bem apresenta depende de sua importância para cada consumidor. Desta forma, algumas aproximações são feitas para que o valor de

uma rede possa ser mais bem entendido. É interessante destacar que alguns direcionadores podem ser utilizados para que o valor da rede possa ser quantificado indiretamente.

Para o caso específico das telecomunicações, Robert Metcalfe constatou que o valor da rede, representado pelo número de conexões entre os usuários da rede, não é diretamente proporcional ao número de usuários. A explicação para este fato ficou conhecido como “Lei de Metcalfe”. Essa lei, primeiramente formulada por George Gilder, afirma que o valor da rede de telecomunicações é proporcional ao quadrado do número de usuários.

No exemplo de uma rede de telefones, o número de conexões possíveis foi usado como direcionador para medição do valor da rede. Como pode ser observado na Figura 1 a seguir, uma rede de telefones com apenas dois usuários permite apenas uma única conexão. Já uma rede com três telefones permite três conexões e um com quatro permite seis conexões.

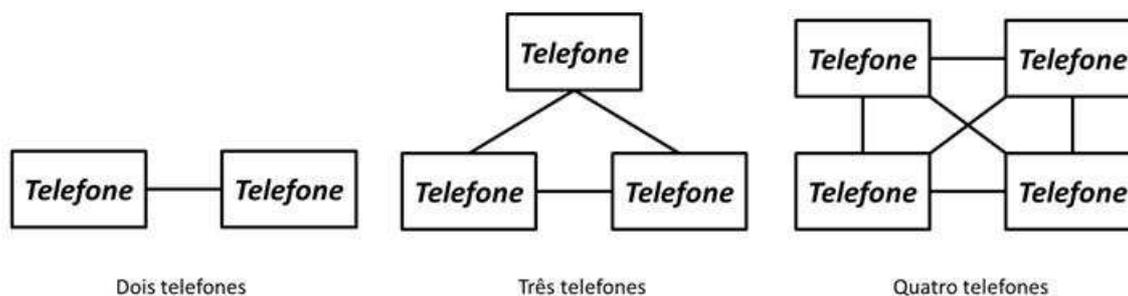


Figura 1: Efeito de Rede – Telefone

Fonte: Os autores

Considerando N como o número de telefones na rede, o número de conexões é dado por:

$$\text{Conexões} = \frac{N(N - 1)}{2}$$

A expressão acima comprova a relação quadrática entre o número de usuários de uma rede de telecomunicações e o número de conexões possíveis. Esta discussão sobre a Lei de Metcalfe serve para demonstrar o poder do efeito de rede.

2.1.4 Fontes do efeito de rede

Para entender melhor o funcionamento do efeito de rede, é necessário que se tenha consciência dos fatores que causam este efeito. Segundo GALLAUGHER (2008), o valor derivado do efeito de rede pode ter origem de três fontes diferentes: troca, poder de permanência e benefícios complementares. Estas três fontes serão explicadas na sequência.

2.1.4.1 Troca

O conceito da troca entre usuários de uma rede talvez seja o mais associado ao efeito de rede. A partir do momento em que os usuários podem realizar mais trocas, a rede ganha valor. Ainda, o número de trocas permitidas aumenta com a entrada de novos usuários na rede. Logo, a rede ganha valor com o aumento do número de usuários.

Os meios de comunicação costumam ser beneficiados pelas vantagens da troca. Como foi descrito na Lei de Metcalfe, o número de trocas em uma rede é proporcional ao quadrado do número de usuários. Alguns exemplos de meios de comunicação que se beneficiam deste efeito são os telefones, os aparelhos de fax e os serviços de mensagem instantânea.

Exemplos em outros setores podem ser citados. Muitos jogos eletrônicos atualmente permitem que pessoas joguem em uma plataforma *online*. Se apenas uma pessoa estiver nesta plataforma, ela não poderá jogar com ninguém. À medida que novos jogadores forem aderindo ao jogo, mais possibilidades de participação entre usuários serão permitidas, fazendo com que a rede de usuários aumente de valor.

Está enganado quem pensa que o benefício da troca está presente apenas em casos em que a tecnologia permite o contato à distância entre pessoas. O álbum de figurinhas já se apresentava como um exemplo de troca beneficiada pelo efeito de rede. O aumento do número de colecionadores de um álbum permite que trocas de figurinhas sejam realizadas entre mais pessoas, aumentando as chances de cada um encontrar as figurinhas de que precisa.

Ainda, quando um brasileiro decide aprender a língua inglesa, ele está procurando na verdade se inserir em uma rede de pessoas que se comunicam em inglês.

Uma grande quantidade de pessoas ao redor do mundo fala inglês, fazendo com que a língua inglesa se tornasse, de certa forma, a língua para comunicação entre pessoas de diferentes localidades. A maioria dos brasileiros decide aprender o inglês, e não outra língua, porque ela se beneficiará da grande quantidade de pessoas que já fala inglês, além do benefício de acesso a livros, filmes e outros fatores que também estão nesta língua ou foram traduzidos para ela. Este é mais um caso em que a possibilidade de troca de informações acaba atraindo novas pessoas para a rede.

2.1.4.2 Poder de permanência

O poder de permanência é a força que faz um usuário não trocar de produto. Ao tomar a decisão de escolher um produto dentre algumas opções, o consumidor realiza um investimento; alguma quantia de dinheiro é gasta nesta escolha. Mesmo depois da compra, o usuário ainda emprega tempo se adaptando ao novo produto e algumas vezes até mais dinheiro.

Os gastos financeiros e o tempo utilizados na adoção do bem escolhido acabam prendendo o consumidor à sua escolha, já que uma mudança para outro produto ou serviço acarretaria em novos custos e mais tempo para adaptação ao novo sistema. Isso faz com que a pessoa permaneça com sua escolha após a primeira decisão.

Este é o caso do sistema operacional Windows da Microsoft. Quando uma pessoa começa a utilizar esse sistema, ocorre um processo de aprendizagem. Ela começa a se acostumar com as características do sistema: interfaces gráficas, nomenclaturas de programas, dinâmica de informações, entre outros. Além disso, são adotados programas que sejam compatíveis com esse sistema e a pessoa também passa a se acostumar com estes outros programas.

Uma possível troca de sistema operacional implicaria em um novo aprendizado não só sobre o novo sistema, mas também de todos os novos programas que teriam que ser utilizados por causa de incompatibilidade entre sistemas. Ainda, muitos dos programas utilizados no Windows não existem em outros sistemas, sendo este mais um fator que contribuiria para a permanência do usuário no sistema da Microsoft.

2.1.4.3 *Benefícios complementares*

Os benefícios complementares têm origem nos complementos que adicionam valor à rede. Por exemplo, um *site* de viagens da internet, para melhorar o serviço a seus usuários, decide permitir uma interação entre amigos, fazendo com que um possa visualizar as informações de viagens do outro, tornando o serviço mais atrativo. É de interesse deste *site* ter acesso à rede de usuários do *Facebook* para facilitar a visualização de relações entre seus usuários. Assim, para utilizar os serviços do site de viagens, seria necessário que os usuários se registrassem pela conta do *Facebook*.

Ao permitir que *sites* complementares usem sua rede, o *Facebook* está criando bens complementares. Todos que quisessem utilizar os serviços do site de viagem teriam que possuir uma conta do *Facebook*, aumentando o número de usuários da rede. Pensando em um universo de milhares de *sites* e aplicativos que se relacionam com o *Facebook*, é possível imaginar que estes sejam uma importante fonte de usuários para esta rede social.

Este é um ponto interessante, pois um esforço gerado por sites e aplicativos externos acaba por fortalecer a rede do *Facebook*. Em geral, empresas que buscam fortalecer seus produtos por meio da relação com redes bem estabelecidas acabam incentivando o crescimento destas redes graças à criação dos seus bens, que são complementares à rede.

2.1.5 *Tipos de efeito de rede*

Não é sempre da mesma maneira que o efeito de rede é percebido. A interação entre rede, usuário e fornecedor pode variar para criar este efeito. SUNDARARAJAN (2006) classifica o efeito de rede em quatro tipos:

2.1.5.1 *Efeito de rede direto*

O aumento do uso da rede leva ao aumento do valor da rede. O exemplo dos telefones usado para explicar a Lei de Metcalfe representa bem este tipo de efeito de rede. Um novo telefone aumenta o valor da rede, já que será possível realizar ligações para uma diversidade maior de pessoas. Outros exemplos em que o efeito de rede direto está presente são as redes sociais (*Facebook, Twitter, Instagram*).

Segundo SUNDARARAJAN (2006), este é o tipo de efeito de rede que apresenta mais estudos nesta área, incluindo os trabalhos de KATZ e SHAPIRO (1985) E FARRELL e SALONER (1985), que muitos acadêmicos consideram como os mais influentes.

2.1.5.2 Efeito de rede indireto

O aumento do uso de um produto resulta na produção de bens complementares cada vez mais valiosos, ocasionando um aumento do valor do produto original. A teoria de efeitos de rede indiretos afirma que a oferta de determinado *software* e a demanda de determinado *hardware* afetam uma a outra. A quantidade de *software* disponível para determinada tecnologia tem influência positiva sobre a utilização do sistema *hardware-software* pelo consumidor (KATZ e SHAPIRO 1985 apud STREMERSCHE et al. 2006), o que leva mais clientes a adotarem o novo hardware (ROGERS 1995 apud STREMERSCHE et al. 2006) e, desta forma, aumenta o número de vendas do mesmo e sua base instalada.

Por sua vez, a base instalada de *hardware* afeta positivamente as decisões das empresas de *software* para desenvolver *softwares* compatíveis (CHURCH e GANDAL 1993 apud STREMERSCHE et al. 2006). Quanto mais os consumidores que adotarem o produto de *hardware*, maior será o mercado potencial para produtos de *software* para o produto de *hardware* específico e, portanto, maior o estímulo para as empresas de *software* para fornecer *software* para este *hardware*.

Como exemplo deste tipo de efeito de rede, pode ser citado o caso do *iPhone*. Quando este celular foi lançado em junho de 2007 nos Estados Unidos, filas de pessoas que queriam obter o aparelho se formaram nas lojas. A quantidade de usuários deste celular cresceu muito rapidamente.

O *iPhone* estava integrado à plataforma da Apple pelo *iTunes*, no qual, entre outras funcionalidades, era permitido o acesso a aplicativos para serem usados no aparelho. Inicialmente, eles eram desenvolvidos apenas por parceiros da Apple. Entretanto, poucas semanas após seu lançamento, grupos de *hackers* conseguiram invadir esta plataforma da Apple e começaram a criar seus próprios aplicativos. A Apple percebeu o valor destas novas criações e passou a permitir que aplicativos de outros desenvolvedores pudessem ser oferecidos ao *iPhone*. Esses aplicativos, que

acrescentavam valor à experiência do usuário com o telefone, acabaram alavancando ainda mais o uso do *iPhone*. Esse efeito de rede indireto pode ser citado como um dos motivos pelos quais o *iPhone* é um sucesso de vendas.

2.1.5.3 Efeito de rede em duas vias

Aumento do uso de um produto por um grupo de usuários resulta no aumento de valor de um bem complementar para um grupo diferente de usuários. O cartão de crédito é um exemplo deste tipo de efeito de rede. Os lojistas fecham parcerias com as empresas que fornecem o serviço de pagamento por cartões. Ao fechar parceria com determinada empresa, o lojista está permitindo ao cliente que pague com o cartão daquela marca, aumentando o valor deste cartão.

Na prática, Visa e Mastercard dominam o mercado de cartões de crédito e débito no Brasil. Segundo dados do Banco Central do Brasil (4), no quarto trimestre de 2007, 91% do mercado de cartões de crédito ativos eram representados por essas duas bandeiras. No mesmo período, a Visa respondia por 27,8 milhões de cartões de débito ativos no país e a Mastercard por 22,0 milhões, enquanto que o terceiro colocado, a Cheque Eletrônico, era responsável por aproximadamente três milhões.

Essa tamanha relevância no mercado faz com que os lojistas prefiram adotar essas duas marcas nas lojas, visando atender o maior mercado possível. Com uma maior quantidade de lojas aceitando esses cartões, os clientes também vão preferir aderir a essas marcas, para terem mais opções de compra.

2.1.5.4 Efeito de rede local

SUNDARARAJAN (2006) afirma que a microestrutura de uma rede de conexões específica pode influenciar em quanto o efeito de rede é importante. Pode-se dizer que um bem é influenciado pelo efeito de rede local quando cada usuário é motivado pelo uso de um pequeno grupo de outros usuários com os quais está conectado. A quantidade de usuários totais deste bem não é tão importante para o efeito de rede local.

Um exemplo são os programas de comunicação por mensagem (*Whatsapp*) e por vídeo (*Skype*). Uma pessoa não escolhe usar o *Skype* porque milhões de usuários no mundo também usam. Ela não vai se comunicar por vídeo com esses milhões de

peças. A escolha pelo *Skype* se dá pelo fato de conhecidos usarem este programa, permitindo um contato visual à distância entre usuários. Vale observar que as peças fazem parte de várias redes locais, levando sua opção de meio de comunicação para redes que ainda não utilizam nenhuma. Isso contribui para que as redes locais ganhem escala e se tornem maiores.

Uma tentativa de criar efeito de rede local é realizada pelas operadoras de celular. Ao permitir que usuários possam falar de graça ou com tarifas menores com peças da mesma operadora, as operadoras de telefonia estão incentivando usuários a se agruparem em uma mesma marca. É o mesmo caso do plano criado para famílias, em que todos integrantes acabam usando a mesma operadora em troca de descontos. O efeito de rede local é gerado pelo fato de peças que se falam bastante tenderem a escolher a mesma operadora.

2.1.6 Saturação da rede

Apesar de todos os pontos positivos que o efeito de rede promove para aqueles que sabem aproveitá-lo, este efeito pode cessar em algum momento. Em um dado momento, o acréscimo de um novo usuário à rede pode reduzir seu valor, ao invés de aumentar. Esta situação é conhecida como ponto de saturação da rede (ou congestionamento da rede).

Voltando ao exemplo dos telefones, foi dito que com a entrada de um novo telefone, toda rede ganhava valor. No entanto, a rede possui uma capacidade máxima de ligações que ela pode suportar. Ao atingir um número muito grande de telefones, a rede pode estar realizando as ligações em sua capacidade máxima. Neste caso, a entrada de um novo usuário na rede fará com que algumas ligações entre telefones não sejam realizadas, pois a rede estará congestionada. Este é o ponto de saturação da rede, ou seja, o momento em que a entrada de um novo usuário na rede prejudica seu funcionamento, reduzindo seu valor.

Para se proteger contra o congestionamento, a organização que opera a rede precisa investir na expansão da capacidade da rede. Assim, o número de usuários poderá crescer sem limitações. Imagine se o *Facebook*, durante seu crescimento, não investisse em sua infraestrutura. Certamente o site ficaria congestionado devido ao grande número

de usuários ativos. A entrada de cada novo usuário apenas pioraria a qualidade do serviço.

2.1.7 Estratégias de competição

Como relatado, o efeito de rede permite à organização algumas vantagens competitivas que podem determinar a liderança no mercado. Para tirar proveito destas vantagens, algumas estratégias podem ser adotadas. A seguir, serão expostas algumas estratégias citadas por GALLAUGHER (2008).

2.1.7.1 Mover-se cedo

Sendo a primeira a chegar ao mercado, a organização estabelece sua rede sem concorrência ou competindo com outras empresas que também não possuem uma rede fortalecida. Caso um competidor chegue posteriormente, a rede da primeira organização já estará estabelecida, sendo difícil de ser ameaçada.

Este é o caso do *Facebook*. Quando foi criada em fevereiro de 2004, não havia nenhuma rede social dominante no mercado. Após alguns anos de competição com redes como Orkut e *MySpace*, o *Facebook* se consolidou como a maior rede social do mundo, totalizando 1,11 bilhões de usuários mensalmente ativos em março de 2013.

Em junho de 2011, o Google lançou sua própria rede social, o Google+, prometendo ser o novo sucessor do *Facebook*. Entretanto, o efeito de rede provocado pelo enorme número de usuários do *Facebook* fez com que o Google+ não tomasse a liderança deste mercado. Em janeiro de 2013, o Google+ possuía 343 milhões de usuários, número ainda bem menor que o do *Facebook*. Este relato mostra a importância que teve para o *Facebook* se consolidar em um primeiro momento como o líder do mercado, ficando mais protegido contra o ataque de concorrentes.

2.1.7.2 Subsidiar a adoção

Uma vez que o valor de uma rede está exatamente na presença de outros usuários nesta rede, não há muito incentivo para que pessoas se tornem os primeiros usuários. No entanto, uma vez que a rede atinja certo tamanho, o efeito de rede se encarrega do seu crescimento acelerado. Tendo conhecimento destes fatos, algumas

empresas subsidiam a entrada dos primeiros usuários na rede. Ainda, dependendo do negócio em questão, a entrada de todos os usuários pode ser subsidiada.

No caso do álbum de figurinhas, as empresas costumam fornecer álbuns gratuitamente para seus consumidores. Isto serve como incentivo para que as pessoas comecem a colecionar figurinhas, criando uma rede de colecionadores. Uma vez que certo número de colecionadores é atingido, o efeito de rede acaba trazendo novos usuários atraídos pela rede que possibilita a troca de figurinhas.

2.1.7.3 Redefinir o mercado

O efeito de rede contribui para que a dominância da empresa líder do mercado se perpetue. Uma estratégia que concorrentes usam para lidar com essa situação é a de redefinir o mercado. Ao invés de competir em um nicho em que já há uma rede bem estabelecida e que seria necessário um grande esforço para competir com o líder, algumas empresas focam em outro nicho do mercado, que ainda não participe da rede.

O mercado de jornal impresso apresenta características do efeito de rede em duas vias. O aumento do número de leitores de um determinado jornal resulta em um interesse crescente de empresas em realizar propagandas. Essas propagandas geram receitas ao jornal, que pode continuar investindo em notícias e textos de qualidade, atraindo ainda mais leitores.

Em um mercado tão antigo como o do jornal impresso, as publicações mais tradicionais já possuem sua rede de leitores e anunciantes. Os jornais gratuitos surgiram com a estratégia de atender uma parcela da população que não fazia parte deste mercado. Segundo MACHADO (2011), o jornal Metro, que teve sua primeira edição em 13 de fevereiro de 1995, tinha como objetivo “permitir acesso do público a um veículo impresso que oferecesse informação sem que tivesse de dar algum tipo de contrapartida”. Desse modo, o Metro redefinia o mercado de jornais impressos em vez de competir com os jornais mais tradicionais. Hoje, o Metro é veiculado em 246 cidades de 27 países.

2.1.7.4 Alianças e parcerias

Em algumas situações, o líder está tão bem estabelecido com sua rede que um concorrente sozinho não conseguiria competir com ele. Os esforços para combater o líder podem acabar unindo empresas concorrentes.

A Apple desenvolveu o sistema operacional IOS para seu celular *iPhone* e rapidamente ganhou a confiança de clientes, atraindo também muitos desenvolvedores de aplicativos. Assim, o *iPhone* se tornou um importante competidor no mercado de *smartphones*, com uma rede bem estabelecida de consumidores e desenvolvedores. Se cada fabricante de celular fosse desenvolver seu próprio sistema operacional, seriam criadas várias pequenas redes de clientes e desenvolvedores de aplicativos que dificilmente rivalizariam com o *iPhone*.

É neste cenário que surge o *Android*, sistema operacional liderado pelo Google que poderia ser utilizado por celulares de vários fabricantes. Ao reunir várias marcas de *smartphones* em um único sistema operacional, o Google atingia uma quantidade de clientes maior que qualquer fabricante atingiria sozinho; fato que atraiu muitos desenvolvedores de aplicativos e, assim, novos clientes.

Mesmo surgindo um ano após o IOS do *iPhone* (o primeiro *iPhone* foi lançado em junho de 2007, enquanto que o primeiro *smartphone* com *Android* foi lançado em outubro de 2008), o *Android* conseguiu por meio de alianças com fabricantes de *smartphones* competir no mercado de sistemas operacionais. Sua estratégia obteve tanto sucesso que, em maio de 2013, segundo a própria empresa Google, um total de 900 milhões de aparelhos com *Android* já haviam sido ativados e, de acordo com a BBC, 48 bilhões de aplicativos já haviam sido instalados da Google Play Store.

2.2 Ciclos de *Feedback*

2.2.1 *Visão Geral sobre Dinâmica de Sistemas*

A Dinâmica de Sistemas foi criada por FORRESTER (1961) e suas ideias foram inicialmente publicadas no livro chamado *Industrial Dynamics*. FORRESTER (1961) desenvolveu uma teoria para simular sistemas complexos, não-lineares, e que contenham diversos *feedbacks loops*. Primeiramente, ele utilizou a Dinâmica de Sistemas para lidar com problemas industriais, como flutuação de estoques, instabilidade da força de trabalho e queda na participação de mercado.

Entretanto, desde então, o seu uso tem se expandido para diversos outros tipos de sistemas. FERNANDES (2003) aponta que atualmente a utilização da Dinâmica de Sistemas é muito vasta, compreendendo campos e problemas muito diversos, como gestão empresarial, competição e ciclos de negócios, ecologia, economia, e fenômenos sociais como criminalidade e propagação de doenças, entre outros. Segundo ele, a Dinâmica de Sistemas é útil no estudo da grande maioria dos problemas que têm natureza dinâmica.

Serão apresentadas a seguir algumas das principais motivações para a ampla utilização da modelagem Sistêmica. Estes fatores, explicitados a seguir, entre alguns outros, levam à necessidade de desenvolvimento de uma visão sistêmica:

- Gerenciamento de negócios cada vez mais complexos;
- Tempos de reposta cada vez mais exigentes;
- Decisões cada vez mais baseadas em previsões;
- Fatores humanos / políticos são cada vez mais críticos;
- Fatores humanos / políticos são cada vez mais críticos;
- Opinião das diferentes partes envolvidas é essencial;
- Muitas informações acessíveis ao nível executivo;
- Aprendizagem Estratégica Utilizando Simuladores.

Buscando compreender melhor o sentido de “Dinâmica de Sistemas”, vale uma breve explicação, baseada em ARACIL (1995), dos termos que compõem a expressão: “dinâmica” e “sistemas”.

Começando por “sistemas”, é interessante notar que o sentido em que é utilizado nesta locução não é o mesmo do que o uso coloquial. Usualmente, o termo é empregado como uma forma de fazer algo. Assim, o termo pode ser usado, por exemplo, no seguinte contexto: “sistema para resolver um problema”. Porém, no estudo de dinâmica de sistemas, sistema é considerado um objeto complexo, formado por partes coordenadas, de modo que o conjunto possua certa unidade, que é exatamente o sistema.

Uma vez entendido este conceito de sistemas, é possível citar diversas situações corriqueiras em que a palavra é empregada neste sentido. Por exemplo, o sistema planetário, formado por planetas unidos por forças gravitacionais, o sistema econômico, formado por agentes econômicos, relacionados entre si pela troca de bens e serviços ou ainda sistema de uma empresa, em que os diversos departamentos se relacionam para funcionamento da mesma, entre outros. Resumindo, um sistema é uma unidade em que os elementos interagem juntos, já que continuamente se afetam uns aos outros, de modo que operam visando um objetivo comum.

O termo “dinâmico” por sua vez, aparece como o oposto à estática, ou seja, representa um caráter de constante mudança. Assim, ao falar de dinâmica de sistemas, é possível entender que as variáveis que formam o sistema sofrem mudanças ao longo do tempo, como consequência das interações que se produzem entre elas.

De forma geral, Dinâmica de Sistemas consiste em uma abordagem para entender o comportamento de sistemas complexos no tempo. Baseado nos trabalhos de FORRESTER (1961) e STERMAN (2000), CORBETT (2003) afirma que o conceito central dessa metodologia é a *two-way causation* ou *Feedback*. O pressuposto é que decisões são derivadas de informações sobre o sistema. Quando novas informações chegam sobre as condições do sistema, é possível avaliar se o sistema sofreu algum tipo de alteração ou não, ou seja, se ação foi ou não eficaz. Essa nova informação por sua vez gera outras decisões/ações que podem produzir mais mudanças no sistema. Esta sequência circular de causas e efeitos que se forma é o chamado de *feedback loop*. Os modelos de Dinâmica de Sistemas são formados por vários ciclos de *feedback (feedback loop)* inter-relacionados. Os ciclos de *feedback* são o foco desta revisão bibliográfica.

A metodologia da Dinâmica de Sistemas difere da visão comum, linear, *nonfeedback* que a maioria das pessoas enxerga a realidade. Como apresentado por FORRESTER (2009), as pessoas vêem um problema, decidem uma ação para solucioná-lo, esperam um resultado e acreditam que este é o final da questão. No entanto, segundo ele, uma visão mais realista seria perceber que um problema conduz a uma ação que gera resultados. Estes resultados, por sua vez gerarão novos problemas e assim em diante, sem início ou fim.

Assim, segundo FORRESTER (1971 apud FORRESTER, 2009) os sistemas podem ser considerados de ciclo aberto ou sistemas de *feedback*. A ilustração a seguir compara estas duas visões: a figura de cima representa a primeira forma de analisar os fatos (ciclo aberto) e a figura debaixo representa a visão considerando os ciclos de *feedback* (sistemas de *feedback*).

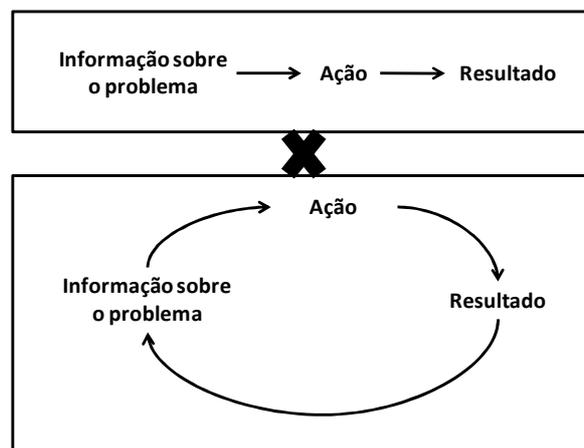


Figura 2: Comparação entre as visões linear e não-linear

Fonte: Adaptado de FORRESTER (2009)

Sistemas abertos caracterizam relações de causa e efeito lineares, pois apesar de a causa resultar em um efeito, esse efeito não realimenta a causa geradora, ou seja, não há *feedback*. Neste tipo de estrutura unidirecional, como apresentado na figura anterior, o pressuposto é que a informação sobre o estado do sistema orienta a uma ação, que leva a um resultado. Nestes sistemas, a informação do estado do sistema não se altera (permanece estática); tudo se passa como se a decisão e ação presente não influenciassem as decisões futuras.

Por outro lado, um sistema de *feedback* é influenciado por seu próprio comportamento passado, de modo que na estrutura de circuito fechado que se forma, o

output influencia o *input*. Neste contexto, causa e efeito se confundem, uma vez que qualquer influência de uma variável do sistema é, ao mesmo tempo, causa e efeito.

Resumindo, de acordo com FORRESTER (1969 apud FERNANDES 2003), a Dinâmica de Sistemas serve para construir teorias acerca da estrutura e do comportamento dinâmico em diferentes classes de sistemas. As bases para construção de teorias sobre os sistemas se fundam em dois pilares: a estrutura do sistema e a linguagem para representá-lo.

Na metodologia de dinâmica de sistemas, o conjunto de relações entre as variáveis do sistema é denominado estrutura. Segundo GOODMAN (1989 apud FERNANDES 2003), o comportamento de um sistema é determinado por esta estrutura, que é composta por circuitos de *feedback* e *delays*. Os ciclos de *feedback* serão detalhados a seguir, mas a questão dos *delays* não será abordada novamente, pois não se enquadra no objetivo deste trabalho

Esta estrutura é representada por meio de um diagrama de enlace causal, que ilustra o modelo mental coletivo do relacionamento entre as variáveis eleitas como as mais importantes.

De forma simplificada, o diagrama é formado pelas variáveis envolvidas, que são as entidades ou fatores relevantes do sistema, setas que indicam a direção da influência de um elemento sobre o outro e um símbolo acompanhando cada uma das setas, indicando qual o tipo de relação entre elas. O símbolo “+” deve ser utilizado quando a variação ocorre no mesmo sentido, ou seja, aumento em uma variável leva a aumento na outra variável e o símbolo “-”, quando a variação se dá no sentido contrário, ou seja, o aumento em uma variável leva à redução da outra.

2.2.2 Feedback

Como já visto, um dos pressupostos centrais da Dinâmica de Sistemas é de que as estruturas que geram os comportamentos dinâmicos de sistemas complexos é formada por *feedback loops*.

Os ciclos de *feedback*, como foi possível compreender a partir do que já foi visto até aqui, representam ciclos em que uma variável X pode, direta ou indiretamente, influenciar uma outra variável Y que volta a influenciar, direta ou indiretamente, esta

mesma variável X. Estes ciclos são chamados de ciclos de *feedbacks*, pois o efeito do sistema realimenta a si mesmo. Desta forma, os *feedbacks* são conceitos importantes para representação dos mapas sistêmicos, já que diversas situações do mundo real podem ser representadas por eles.

Existem, basicamente, dois tipos de ciclo de *feedback*: positivos (autorreforço) ou negativos (autorregulantes). FERNANDES (2003) afirma que para se determinar o tipo de *feedback*, é preciso apenas identificar se uma ação produz uma variação no mesmo sentido, originando um *feedback* positivo/ de reforço, ou se ela produz variação contrária, originando um *feedback* negativo/ de equilíbrio.

FERNANDES (2003) ainda apresenta o exemplo a seguir, buscando ilustrar um sistema de *feedback*.

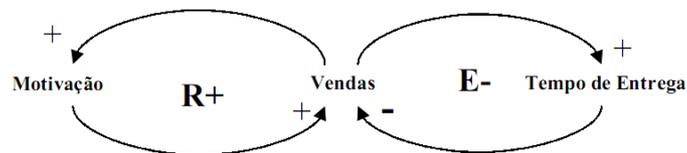


Figura 3: Sistemas de *Feedback*

Fonte: FERNANDES (2003)

Ciclos positivos tendem a reforçar ou amplificar o que quer que esteja acontecendo no sistema. No exemplo, um aumento das vendas causa mais motivação, que por sua vez causa mais aumento das vendas, caracterizando um *feedback* positivo ou de reforço.

No caso de *feedback* positivo, existe um laço de realimentação positivo, uma vez que o sistema tende a realimentar o seu comportamento. Matematicamente, isso significa que o nível de um sistema é alimentado por uma taxa percentual fixa, o que gera um comportamento dinâmico de crescimento exponencial e, desta forma, pode ser representado por um gráfico de crescimento exponencial (Figura 4).

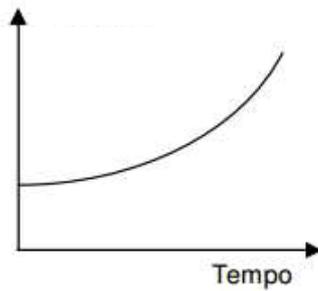


Figura 4: Crescimento Exponencial - *Feedback* Positivo

Fonte: CORBITT (2003)

STERMAN (2000) cita diversos exemplos para este caso: durante a Guerra Fria, quanto mais armas nucleares a OTAN (Organização do Tratado do Atlântico Norte) desenvolvesse, mais armas a União Soviética desenvolveria também, o que levaria a OTAN a criar ainda mais novas armas.

Outro caso: se uma empresa reduz seus preços para ganhar *market share*, seus concorrentes provavelmente responderão da mesma forma, o que força a empresa a reduzir ainda mais os seus preços. Citando um exemplo bastante conhecido da Microsoft e da Intel: quanto maior a base instalada de *softwares* Microsoft e máquinas Intel, mais atrativa se torna a arquitetura “Wintel”, na medida em que desenvolvedores buscam o maior mercado para seus softwares e os clientes procuram sistemas compatíveis com a maioria dos softwares. Assim, quanto mais computadores Wintel são vendidos, maior se torna sua base instalada.

CORBETT (2003) ressalta um exemplo de *feedback* positivo que teve grande importância na história do Brasil na década de 90 principalmente: a espiral inflacionária. Aumento dos salários faz com que os preços aumentem, o que então causa um aumento dos salários e assim por diante, culminando, em alguma momento, em um cenário de inflação descontrolada.

Os ciclos negativos, por sua vez, funcionam de forma contrária. Em um sistema de variáveis, por exemplo, o aumento em uma das variáveis causa posterior redução dela mesma. Neste caso, o comportamento dinâmico que se percebe é *goal seeking*, ou seja, de autorregulação, de um estado que vai se aproximando cada vez mais de uma meta ou estado desejado ao longo do tempo. A Figura 5 mostra este comportamento:

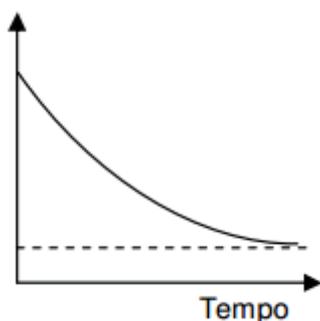


Figura 5: Goal-seeking - *Feedback* negativo

Fonte: CORBITT (2003)

Por exemplo, quanto menos nicotina em um cigarro, mais cigarros os fumantes devem consumir para obter a dose que eles precisam. Quanto mais atraente um bairro ou cidade, maior a Imigração das áreas circunvizinhas será, aumentando o desemprego, os preços da habitação, aglomerando nas escolas, e congestionamento de tráfego, até o ponto em que não se torne mais atraente do que outros lugares. Ainda, quanto mais elevado o preço de um produto, menor será a procura e maior será a produção, levando a excesso de estoques e pressão para preços mais baixos. Quanto maior o *market share* das empresas dominantes de determinado mercado, mais provável é a ação antitruste do governo para limitar o seu poder de monopólio. Todos estes exemplos descrevem processos que tendem a ser auto-limitantes, processos que buscam o equilíbrio.

Outro exemplo de *feedback* negativo é o sistema de aquecimento controlado por um termostato. O termostato mede continuamente a temperatura do ambiente e compara com a temperatura desejada. Quando há diferenças entre a temperatura real e a desejada, o termostato liga o aquecedor. Uma vez que a temperatura ambiente alcance a ideal, o termostato desliga o aquecedor. O sistema de termostato utiliza a mesma lógica do sistema biológico que controla a temperatura do corpo humano, por exemplo, que é então, claramente, mais um exemplo de *feedback* negativo.

2.2.2.1 *Feedback* positivo

Ciclos de *feedback* positivos, como já visto, são também conhecidos como ciclo de reforço, uma vez que cada incremento em determinada variável leva a aumento da outra variável com que se relaciona.

Segundo SENGE (1990, apud FERNANDES 2003), em um sistema com *feedback* de reforço uma pequena ação pode gerar grandes consequências, para melhor ou para pior; ou seja, uma pequena mudança pode crescer como uma bola de neve.

Neste tópico, serão apresentados alguns exemplos destes ciclos utilizando a metodologia de Diagramas de Enlace Causal, explicada anteriormente, que envolve a utilização de setas e símbolos indicando as relações entre as variáveis.

Um exemplo clássico deste tipo de ciclo, apresentado por STERMAN (2000), é o que acontece com número de ovos e número de galinhas. Neste caso, mais galinhas botam mais ovos, que vão se tornar novas galinhas, aumentando assim a população de galinhas, que conduz a ainda mais ovos, e assim por diante. A figura a seguir consiste em um diagrama de enlace causal desta situação. Como já foi visto, as setas indicam as relações causais e os sinais “+” indicam que o efeito é positivamente relacionado com a causa: um aumento na população de galinhas faz com que o número de ovos postos cada dia seja superior ao que tinha sido (e vice-versa: uma redução na população de galinhas provoca diminuição no número de ovos). No centro da representação, é possível observar a letra “R”, que indica o reforço do ciclo.

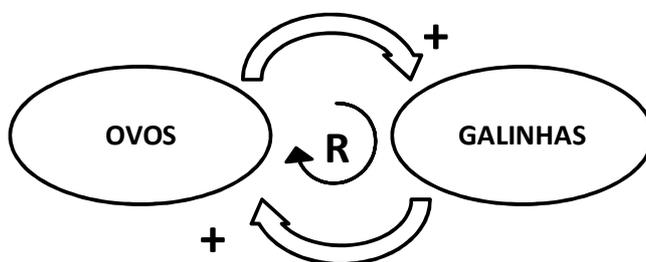


Figura 6: Exemplo ovos e galinhas

Fonte: Adaptado de STERMAN (2000)

Exemplo menos simples e mais atual é o das empresas que cresceram e se aproveitaram da *Internet*. Empresas como Amazon, Google e, mais recentemente, o *Twitter* rapidamente tornaram-se referência e passaram a atrair muitas pessoas com um modelo de negócios bastante original.

No caso do *Twitter*, quanto mais usuários se conectam ao *Twitter*, maior se torna sua base de usuários, o que aumenta a divulgação do serviço. Quanto maior a divulgação, mais novos usuários se cadastram e assim sucessivamente, caracterizando

este ciclo também como um ciclo de reforço. Este exemplo do *Twitter* se aplica a outras redes sociais, como o *Facebook* por exemplo.

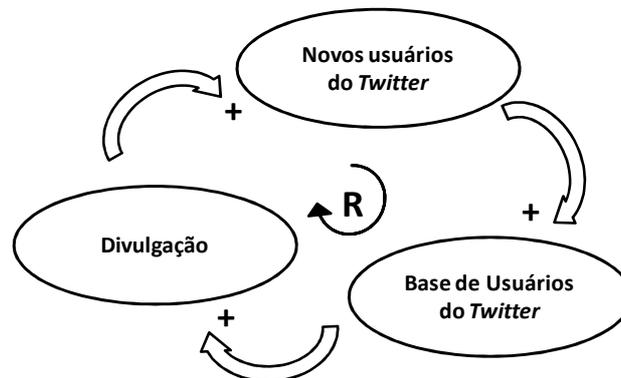


Figura 7: Exemplo *Twitter*

Fonte: Os autores

Assim como no exemplo anterior, ao centro da representação, também é exibida uma figura que ilustra o reforço do ciclo.

Este mesmo tipo de raciocínio pode ser aplicado para divulgação “boca a boca” positiva de um produto. Quanto mais divulgação “boca a boca” a favor de determinado produto, mais vendas e mais clientes, que geram mais divulgação “boca a boca” e, portanto, mais vendas.

Desta forma, é possível perceber que o efeito de aumentar a Qualidade de um produto, por exemplo, pode ser representado por meio de um Ciclo de Reforço.

A figura a seguir representa este ciclo: quanto mais satisfeito está o cliente com determinado produto, maior a divulgação do mesmo e, também, maior é sua demanda. Quando maior a demanda, maior o volume de vendas, que por sua vez permitem aumentar a quantidade de recursos para Pesquisa & Desenvolvimento do produto, o que leva a aumenta qualidade do mesmo. Quanto maior a qualidade, mais satisfeito ficará o cliente e assim por diante.



Figura 8: Ciclo de Reforço - Qualidade do Produto

Fonte: Adaptado de ESQUÍVEL (2011)

Por outro lado, algumas empresas sofrem por subestimarem o poder dos ciclos de reforço e, no pior dos cenários, acabam desaparecendo. Uma empresa que presta serviços de plano de saúde, com uma base de clientes sólida e abrangente, se não mantiver uma rede de clínicas e hospitais conveniados, rapidamente pode perder clientes em um processo de reforço. A empresa pode perder seus clientes a partir de uma disseminação boca a boca, por exemplo, da indisponibilidade de consultas, exames ou internações pelo plano. Outro exemplo: uma empresa que não investe gera menos lucros e consequentemente investe ainda menos, diminuindo os lucros e assim sucessivamente até a insolvência.

Nos últimos exemplos levantados, o fator crítico para um ciclo de reforço é a disponibilidade de informações: usuários do *Twitter* usam o serviço, gostam e divulgam para outros, gerando um crescimento exponencial na base de usuários do serviço. Clientes do plano de saúde, quando precisam do plano e não encontram atendimento, divulgam para outras pessoas, que passam a buscar outros planos, gerando um declínio na base de clientes deste plano (quanto mais pessoas sabem, mais divulgam).

Com os exemplos, foi possível perceber que existem dois tipos de ciclo de reforço: virtuoso, no caso de representar crescimento, como no caso do aumento dos usuários do *Twitter* e o vicioso, que representa declínio, como o exemplo das empresas de plano de saúde.

Ainda, é importante salientar que ciclos de *feedback* positivos não estão associados com a presença exclusiva de “+” nos diagramas de enlace causal. Coincidentemente, os exemplos ilustrados até o momento apresentam apenas polaridades “+”, mas isto não é uma associação direta, como algumas pessoas podem pensar; é possível haver polaridades “-“ em um ciclo positivo. Um ciclo com número de polaridades negativas par, é um ciclo de *feedback* de reforço. A figura a seguir apresenta um exemplo:

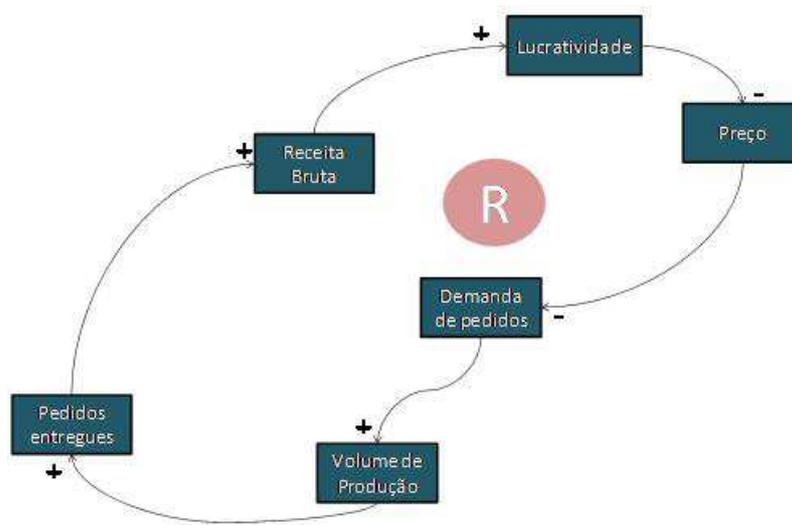


Figura 9: Ciclos positivos com polaridades negativas

Fonte: Os autores

Este exemplo ilustra uma situação genérica e simplificada em uma empresa qualquer. O aumento da demanda de pedidos incentiva o aumento do volume de produção, que permite um número maior de pedidos entregues. Com mais pedidos entregues, a receita bruta aumenta, fazendo crescer a lucratividade. A lucratividade maior permite que a empresa diminua seu preço para que passe a vender quantidades maiores. Esse preço reduzido aumenta a demanda da empresa e assim sucessivamente, indicando o autorreforço do ciclo.

As situações expostas nos exemplos anteriores não acontecem para sempre: um dia, este processo se estabiliza e atinge o limite, então o ciclo de equilíbrio passa a tomar conta do sistema. Definitivamente, não existe crescimento infinito, um sistema não é formado apenas por ciclos de *feedback* positivos; existem fatores que limitam o crescimento, formando os ciclos de *feedback* negativos.

2.2.2.2 *Feedback negativo*

Retomando o caso das galinhas, se o ciclo de reforço fosse o único existente, as populações de ovos e galinhas cresceriam exponencialmente. Uma vez que nenhuma quantidade real cresce para sempre, diversos ciclos negativos aparecem para equilibrar a população de galinhas.

O *feedback* negativo é caracterizado por uma estrutura que visa um objetivo. Essa estrutura é autorreguladora. O *feedback* negativo busca manter o sistema em equilíbrio, reagindo a qualquer distúrbio e tendendo a manter o sistema em equilíbrio. Por este motivo, ciclos de *feedback* negativos também são conhecidos como ciclos de equilíbrio.

STERMAN (2000) oferece um exemplo para explicar este tipo de *feedback*. O exemplo ilustra a variável “atravessar a rua” como limitante do número de galinhas. Quanto maior o número de galinhas, mais cruzamentos (no sentido de atravessar a rua) elas vão tentar. Quanto mais cruzamentos (considerando existência de tráfego de veículos), menor será o número de galinhas. O diagrama a seguir representa esta situação:

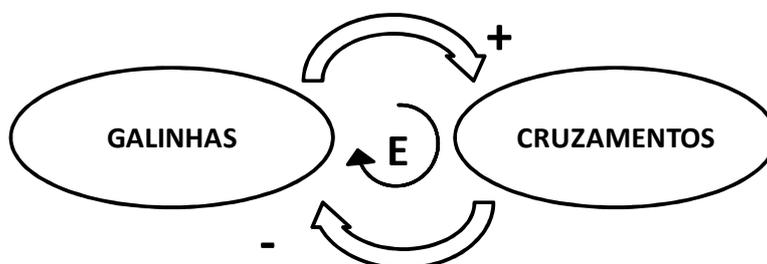


Figura 10: Exemplo das galinhas: *Feedback* Negativo

Fonte: Adaptado de STERMAN (2000)

Assim, um aumento na população de galinhas leva a um maior número de cruzamentos, que por sua vez diminuem o número de galinhas. A letra “E” no centro da ilustração indica *feedback* de equilíbrio. Neste caso, se apenas existisse este ciclo (caso o dono das galinhas vendesse todos os ovos, por exemplo), o número de galinhas diminuiria gradativamente, até que não sobrasse nenhuma.

Buscando mais uma vez ilustrar esta situação com exemplos menos simples, vale destacar o caso de empresas que estão eliminando custos. Por mais que os custos

de uma empresa sejam cortados, deve existir um limite em que não há mais possibilidade de se continuar cortando os custos, caso contrário, o sistema colapsa. Algumas empresas insistem tanto nesta política de corte desenfreado que acabam sofrendo consequências. Funcionários começam aos poucos a se demitir, pela insatisfação de continuar trabalhando na empresa (padrão de comportamento).

Um ciclo de equilíbrio bastante conhecido é a relação preço – demanda. Quando o preço aumenta, a demanda de produtos cai, pois o consumidor está menos disposto a pagar pelo preço mais alto. Entretanto, quando a demanda aumenta, a empresa pode cobrar um preço maior, pois os clientes estarão dispostos a pagar por esse preço maior. Assim, estas duas variáveis se equilibram, uma não aumenta muito sem que o aumento da outra puxe a primeira novamente para baixo.

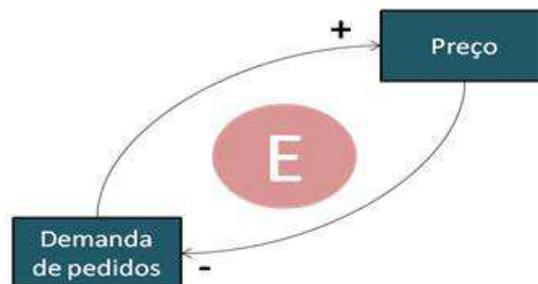


Figura 11: Exemplo Ciclo de Equilíbrio

Fonte: Os autores

Com relação ao ciclo de reforço sobre qualidade do produto, apresentado na Figura 8, é possível identificar um ciclo de equilíbrio, quando existe aumento excessivo da procura. Um grande aumento da demanda pode conduzir a dificuldades na produção e distribuição. Estas dificuldades, por sua vez, afetam negativamente a Qualidade, formando um ciclo de *feedback* negativo, como pode ser observado na figura a seguir.



Figura 12: Ciclo de Equilíbrio – Qualidade do Produto

Fonte: Adaptado de ESQUÍVEL (2011)

Da mesma forma, no caso do exemplo sobre a situação genérica envolvendo algumas variáveis como demanda, número de pedidos e preços, apresentado na Figura 9, é possível identificar um possível ciclo de *feedback* negativo que equilibra o sistema, como pode ser observado na figura a seguir:

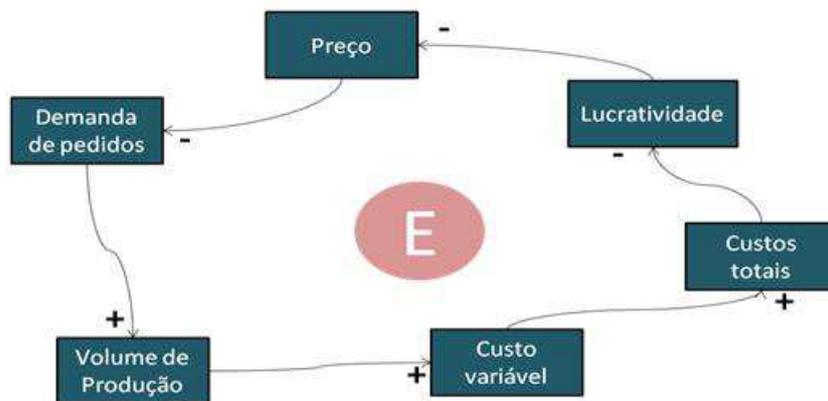


Figura 13: Ciclo de equilíbrio situação genérica

Fonte: Os autores

Conforme indica a figura, o aumento da demanda incentiva o aumento do volume da produção. Produzindo mais unidades, os custos variáveis também aumentam, fazendo crescer os custos totais. Com custos maiores, a lucratividade diminui. Com o lucro menor, a empresa aumenta seu preço, fazendo com que sua demanda diminua.

É interessante destacar que este diagrama (assim como outros apresentados anteriormente) representa apenas um exemplo de ciclo de *feedback*, neste caso de equilíbrio, simplificado para situação. Apesar de existirem outras variáveis envolvidas,

o modelo foi sintetizado, uma vez que o objetivo principal consiste em apenas ilustrar um exemplo de ciclo de *feedback* negativo.

De forma geral, é possível perceber que em um sistema complexo, existem tanto ciclos de reforço quanto ciclos de equilíbrio, que associados formam todo o sistema a ser analisado.

Com os exemplos anteriores, ainda que simplificada, é possível perceber que a metodologia de Dinâmica de Sistemas e, conseqüentemente, os ciclos de *feedback* pode ser uma importante ferramenta para estudos em diversas áreas de conhecimento, como mencionado anteriormente. O pensamento sistêmico transforma o estudo, mostrando as relações de causa e efeito entre todas as variáveis envolvidas em determinado sistema.

2.3 Relação entre Efeito de Rede e Ciclos de *Feedback*

Uma vez aprofundados os conceitos de Efeito de Rede e Ciclos de *Feedback*, a próxima etapa consiste em entender a relação entre os dois. Assim, esta seção tem como objetivo apresentar a revisão bibliográfica sobre esta relação e alguns exemplos de autoria dos autores para ilustrá-la.

GALLAUGHER (2008) associa os dois conceitos enquanto estuda as diferenças entre mercados convencionais e mercados em que os efeitos de rede têm papel fundamental. Segundo o autor, os mercados influenciados pela rede experimentam competição precoce e agressiva. Isso acontece por causa dos ciclos de *feedback* positivos inerentes aos efeitos de rede: as maiores redes tornam-se ainda maiores.

Para facilitar o entendimento das situações em que os dois conceitos se relacionam, as relações serão explicadas a partir de alguns exemplos, explicados na sequência, selecionados pelos autores.

2.3.1 *Microsoft*

A relação entre os ciclos de *feedback* e o efeito de rede podem ser evidenciadas no exemplo da Microsoft. Segundo HAYES et. al (2008), um dos resultados dos efeitos de rede é que grandes podem se tornar tão valiosas que desencorajam a formação de redes concorrentes, resultando em um monopólio de “o vencedor leva tudo”.

Na década de 90, a Microsoft se aproveitou dos ciclos de *feedback* e efeitos de rede e chegou a esta situação de “o vencedor leva tudo”, o que levou países como Estados Unidos, entre outros, a instituírem processos antitruste contra a empresa.

A situação, apresentada em detalhes no *background* do relatório do processo Estados Unidos contra Microsoft Corporation (1999), consiste na sequência de fatos que será explicitada a seguir.

De acordo com o relatório, a demanda de consumidores para Windows gozava de efeitos de rede. Na época, assim como hoje em dia, um grande número de pessoas utilizava o Windows. O fato de haver uma multidão de pessoas que utilizam o Windows tornava o produto mais atraente para os consumidores. A grande base instalada atraía clientes corporativos que buscavam usar um sistema operacional que os novos

funcionários já deveriam saber como usar, e isso atraía os consumidores acadêmicos que visavam usar o *software* que lhes permitisse compartilhar arquivos facilmente com colegas de outras instituições.

A principal razão para que a demanda para o Windows experimentasse os efeitos de rede positivos, no entanto, consistia em outra questão. O tamanho da base instalada do Windows fazia com que a maioria dos softwares desenvolvidos fosse em primeiro lugar para o Windows, garantindo assim uma grande quantidade de opções que o consumidor pode escolher. A grande quantidade de opções reforçava assim a demanda pelo Windows, aumentando a posição dominante da Microsoft e perpetuando os incentivos aos desenvolvedores de softwares para desenvolveres aplicações principalmente para Windows.

Este ciclo, principal responsável pelos efeitos de rede dos quais a Microsoft desfrutava, pode ser classificado como ciclo de *feedback* positivo ou ciclo de auto-reforço e está ilustrado na figura a seguir. Este exemplo mostra claramente a relação entre ciclos de *feedback* e efeito de rede: ciclos de *feedback* positivos foram a principal causa da existência de efeito de rede neste contexto.

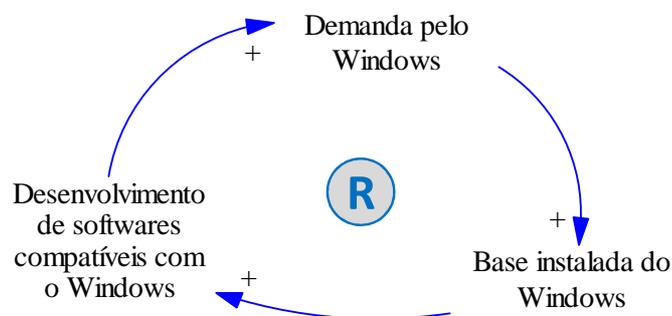


Figura 14: Ciclo de reforço Windows

Fonte: Os autores

2.3.2 Videogames

Outro exemplo bastante conhecido é dos *videogames*. GALLAUGHER (2008) afirma que as pessoas compram determinado console de *videogame*, na maioria das vezes, com base no número de jogos disponíveis para o sistema. Os desenvolvedores de *software* desenvolvem jogos com base em sua capacidade de atingir o maior número de

clientes pagantes, e, por isso, eles são mais propensos a desenvolver para os consoles mais populares em primeiro lugar. Os economistas chamam este tipo de rede de um mercado de dois lados. Neste caso, é possível observar que um aumento no número de utilizadores de um lado do mercado (por exemplo, proprietários de consoles) cria um aumento o outro lado (desenvolvedores de *software*), assim como no caso da Microsoft.

Na indústria de *videogames*, ainda é possível perceber efeitos de rede diretos. Um bom exemplo desta situação é o caso do Xbox Live, em que usuários podem competir *online*. Quanto mais pessoas da rede de contatos de um indivíduo jogarem Xbox Live, mais provável que ele compre um Xbox. Desta forma, é possível perceber que o ciclo de reforço presente neste sistema é responsável pelos efeitos de rede diretos na indústria de *videogame*.

2.3.3 Whatsapp

Como foi explicado em seções anteriores, mercados de mensagens instantâneas (*Whatsapp*, por exemplo) apresentam fortes efeitos de rede, classificado como efeito de rede local, uma vez que a rede ganha valor uma vez que um novo usuário entra na rede. GALLAUGHER (2008) aponta que um indivíduo escolhe determinada ferramenta de mensagem instantânea com base no número de contatos pessoais que seja possível alcançar. Ou seja, uma pessoa escolherá aquela ferramenta que também é utilizada pela maioria dos seus conhecidos.

A figura 5 deste trabalho pode ser redesenhada para o caso de mensagens instantâneas, utilizando o *Whatsapp* como exemplo, e pode ser interpretada a partir da relação entre os dois conceitos. *Whatsapp* é considerado um mercado unilateral, em que os efeitos de rede vêm do ciclo de reforço formado pelo fato de que usuários da ferramenta atraem novos usuários que querem se comunicar com eles, agregando valor à rede. Este é o mesmo caso dos efeitos de rede percebidos no exemplo anterior sobre o Xbox Live. A figura a seguir ilustra o ciclo de reforço que permite a existência de efeitos de rede nestes mercados:

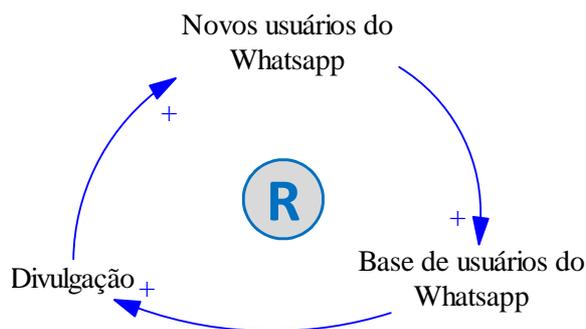


Figura 15: Exemplo da rede do *Whatsapp*

Fonte: Os autores

2.3.4 Língua Inglesa

A língua inglesa assumiu o posto de principal idioma de comunicação entre duas pessoas de línguas nativas diferentes. Quando um estrangeiro visita um país e não sabe falar a língua local, é bem provável que a comunicação acabe ocorrendo em inglês, mesmo que esta não seja a língua nativa nem do estrangeiro nem do país. A questão dos idiomas, assim como dos meios de comunicação, está fortemente ligada ao efeito de rede.

A partir das históricas revoluções industriais, os países de língua inglesa (mais especificamente Inglaterra e Estados Unidos) começaram a obter elevado crescimento econômico. Tal crescimento contribuiu para que pessoas de outras localidades também aprendessem a falar inglês, sendo possível, com isso, negociar com estes países. Este fato foi apenas o estalo inicial para a disseminação do idioma pelo mundo. A partir do momento em que uma quantidade razoável de pessoas falava inglês, o efeito de rede se encarregou de agregar ainda mais pessoas ao idioma, caracterizado por um ciclo de reforço.

Em primeiro lugar, quando uma pessoa aprende o inglês, todos que dominam este idioma são beneficiados, pois têm a possibilidade de se comunicar com mais uma pessoa. Essa entrada de um participante na rede aumentando o valor da própria rede caracteriza o efeito de rede. Em segundo lugar, quando alguém escolhe um idioma para aprender, leva em consideração a utilidade desta língua. Ora, a língua mais útil é aquela com a qual se pode comunicar com o maior número de pessoas, que é o inglês.

Desse modo, podemos perceber que a escolha de um indivíduo em aprender o inglês aumenta o número de pessoas que falam a língua, funcionando como um incentivo a novos participantes desta rede. Essa dinâmica pode ser observada na figura a seguir.

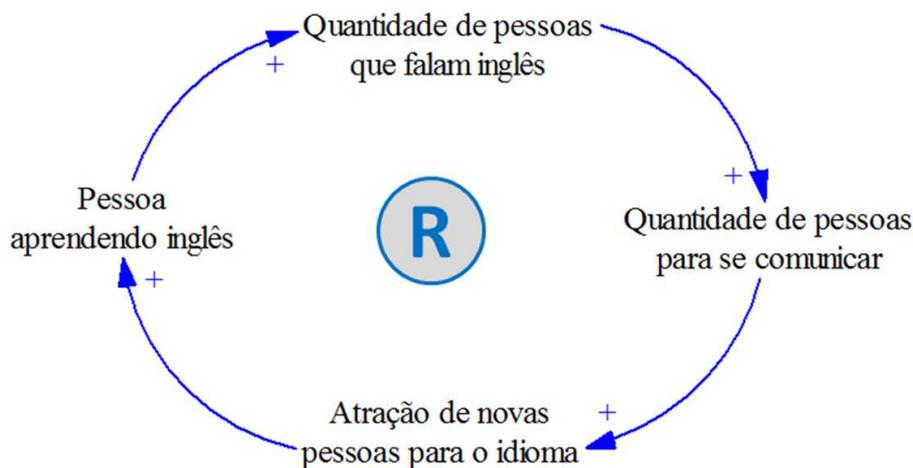


Figura 16: Exemplo Língua Inglesa

Fonte: Os autores

Este exemplo mostra uma situação em que o efeito de rede direto é acompanhado de um ciclo de reforço. O aumento do número de pessoas falando inglês leva, indiretamente, ao aumento deste mesmo grupo.

2.3.5 Facebook

O último exemplo a ser explicitado apresenta uma justificativa para o crescimento do número de usuários do *Facebook*. Assim como acontece com outros meios de comunicação, os usuários do *Facebook* se beneficiam com a entrada de novas pessoas na rede, pois podem se comunicar com um número maior de integrantes. Este é um efeito de rede direto.

Ainda, empresas que desenvolvem aplicativos são atraídas pela grande quantidade de usuários do *Facebook* e passam a desenvolver produtos que interajam com este site. Estes novos aplicativos aumentam o valor da rede social para seus usuários.

No tópico 2.1.4.3 foi tratado o exemplo de sites que usam as informações de usuários do *Facebook* para melhorar a qualidade do seu serviço. Isso faz com que novas

peçoas, usuárias do site, entrem para o *Facebook* para desfrutar todas as possibilidades oferecidas pelo site. Este serviço complementar caracteriza um efeito de rede indireto.

Por fim, muitas empresas aproveitam a base de usuários do *Facebook* para realizar campanhas publicitárias. Os usuários da rede se beneficiam deste fato, tendo acesso facilitado a descontos e promoções, já que se mantém conectadas à rede na maior parte do tempo. Este é outro exemplo de um efeito de rede indireto.

A dinâmica de funcionamento de todos estes fatores é apresentada na figura a seguir e explica, de certa forma, o crescimento e a predominância do *Facebook* perante as outras redes sociais.

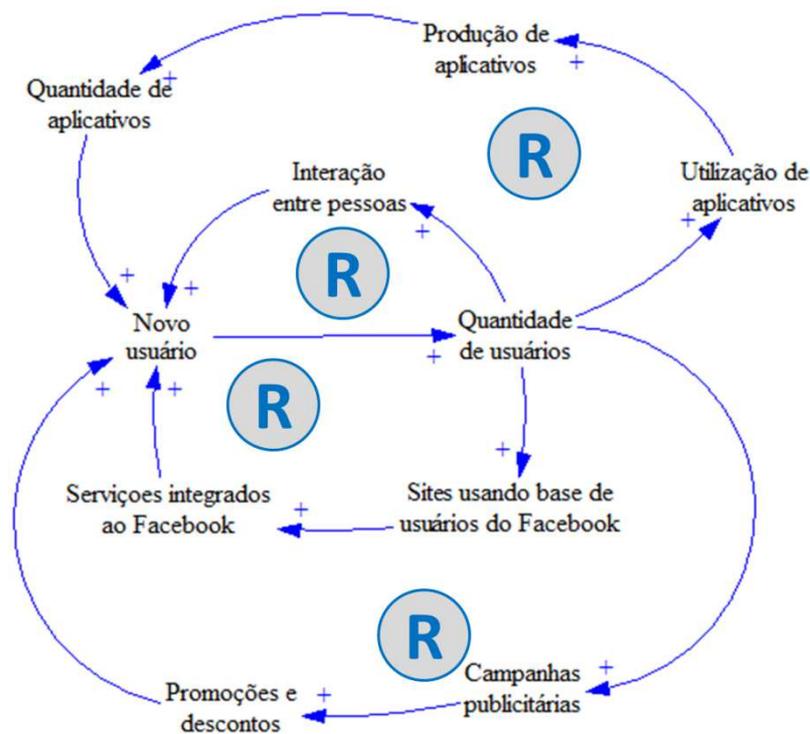


Figura 17: Exemplo *Facebook*

Fonte: Os autores

O efeito de rede aplicado a rede sociais contribuiu para a formação destes ciclos de reforço que levaram o *Facebook* a conquistar um grande número de usuários. Como mostrado no exemplo, pode existir mais de um ciclo no sistema que contribua para o reforço de uma variável. Neste caso, quatro ciclos de reforço são apresentados e todos contribuem para a entrada de novos participantes à rede.

No entanto, como já foi dito anteriormente, não existe crescimento indeterminado. No caso do *Facebook*, existe também um limite para o tamanho de sua rede, fazendo com que seu crescimento desacelere ao longo do tempo, até que seu número de usuários se estabilize. Esta dinâmica está presente em quase todas as redes, impedindo que elas cresçam infinitamente. No exemplo do *Facebook*, podem ser citados alguns ciclos de equilíbrio que se opõem aos ciclos de reforço citados anteriormente.

Estes ciclos de equilíbrio ainda não estão claros, visto que os ciclos de reforço se fazem muito presentes e a rede continua crescendo. Como exemplo de um fator limitante ao crescimento do *Facebook*, pode ser usado o número de pessoas com acesso à *Internet* que não possuem *Facebook*. Na medida em que o número de usuários da rede cresce, restam menos pessoas com acesso à *Internet* que ainda não possuem conta no *Facebook*, diminuindo o ritmo de crescimento do número de usuários.

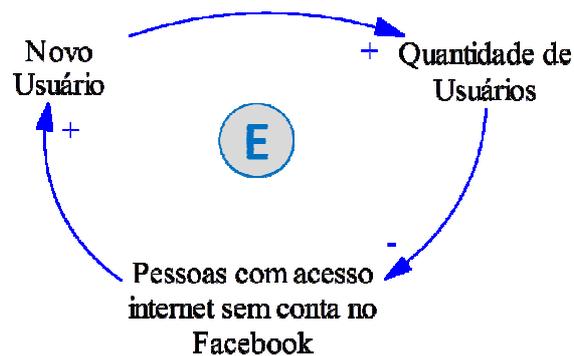


Figura 18: Ciclo de Equilíbrio – *Facebook*

Fonte: Os autores

Este ciclo de equilíbrio age em conjunto com os ciclos de reforço citados anteriormente, criando um sistema que impacta no tamanho da rede.

2.4 Técnicas de Simulação

2.4.1 Simulação

LUSTOSA, PONTE E DOMINAS (2004 apud GARCIA, BARROS e OLIVEIRA 2010) tratam a simulação como um mecanismo de análise quantitativa muito utilizado nas empresas para o tratamento de problemas administrativos. O emprego da simulação se deve em função da crescente necessidade de realizar investigações nos sistemas, de modo a obter informações sobre os relacionamentos existentes entre as variáveis que os compõem para prever futuros desempenhos sob as novas condições.

Os mesmos autores afirmam que o estudo de um sistema pode ser feito de duas formas: por meio de observações no sistema real ou a partir de um modelo que o represente. Em alguns casos, torna-se possível alterar o sistema real e operá-lo sob as novas condições. Como muitas vezes o sistema em questão ainda não existe, um modelo que o represente é construído e estudado.

Desta forma, como aponta ESCUDERO (1973 apud GARCIA, BARROS e OLIVEIRA 2010), a simulação ajuda na tomada de decisão, na medida em que permite a realização de inferências, a partir de experimentos, sobre o comportamento dos sistemas. Como consequência, torna-se possível para a direção de uma empresa, por exemplo, examinar e avaliar diversos planos muito antes de acatar projetos importantes. Assim, uma vez determinado o melhor plano por meio da simulação, ou seja, aquele mais vantajoso para a situação, pode-se colocá-lo em prática na realidade.

RENDER e STAIR (1977 apud GARCIA, BARROS e OLIVEIRA 2010) destacam que a simulação segue uma sequência lógica de etapas para elaboração de um modelo: identificação do problema; introdução das variáveis associadas ao problema; construção do modelo; teste do modelo; realização do experimento; avaliação dos resultados e possíveis necessidades de alterações no modelo ou nos dados imputados; e a decisão do curso de ação.

Os modelos de simulação podem ser de dois tipos: determinístico ou probabilístico. No caso determinístico, pressupõe-se que os dados são obtidos com certeza, ou seja, o modelo não incorpora as probabilidades de que o valor escolhido para

a simulação se altere no futuro. No caso do modelo probabilístico, o comportamento probabilístico no relacionamento interno do sistema é levado em consideração, de modo a tentar capturar a natureza probabilística das variáveis envolvidas, por meio da utilização da técnica estatística e do uso de computadores.

O Método de Monte Carlo (MMC), utilizado neste trabalho, originou os modelos de simulação probabilísticos. Estes modelos focam em simulações de fenômenos aleatórios, introduzindo a análise de riscos, incorporando as variáveis ambientais e, como consequência, os elementos de incerteza associados.

2.4.2 Método de Monte Carlo

De acordo com HAMMERSLEY e HANDSCOMB (1964), o nome do método de Monte Carlo surgiu durante o projeto Manhattan¹ na Segunda Guerra Mundial. Existem vertentes diferentes sobre a origem do nome, mas uma bastante aceita afirma que o nome do método é uma homenagem ao mundialmente conhecido cassino da cidade de Monte Carlo, no principado de Mônaco, por causa de suas roletas, jogos de dados ou carteados que são, em última instância, meros mecanismos de geração de números aleatórios. Por sua vez, os números aleatórios estão na “alma” do método de Monte Carlo, daí o paralelo.

Apesar de discordâncias sobre a origem do nome, é fato que o nome e o desenvolvimento sistemático do método datam de 1944. É interessante notar que existe um número significativo de casos isolados nas quais o método foi anteriormente utilizado de forma não sistematizada.

MENOSSE (2002) cita um exemplo de utilização prévia da simulação de Monte Carlo. O caso ocorreu na Europa na segunda metade do século XIX. Naquela ocasião, várias pessoas estiveram envolvidas na realização de um experimento segundo o qual se lançava uma agulha sobre um painel quadriculado e se inferia o valor de π a partir das observações do número de interseções entre a agulha e as linhas (grade) desenhadas no painel.

¹ O Projeto Manhattan, ou formalmente Distrito de Engenharia de Manhattan, foi um esforço durante a Segunda Guerra Mundial para desenvolver as primeiras armas nucleares pelos Estados Unidos com o apoio do Reino Unido e do Canadá.

O grande uso de simulações de Monte Carlo, entretanto, foi como ferramenta nos trabalhos relacionados ao desenvolvimento da bomba atômica durante a Segunda Guerra Mundial. Este trabalho envolvia simulação direta de problemas probabilísticos relacionado à difusão aleatória de nêutrons em material físsil. Personalidades mundialmente conhecidas, como Von Neumann, Oppenheimer, Metropolis e Ulam estiveram diretamente envolvidos com esta “roleta russa” e aos dois últimos se atribui o batismo do método (STRATHERN, 1998; RUBINSTEIN, 1981 apud MENOSSO 2002).

HAMMERSLEY e HANDSCOMB (1964) destacam que o Método de Monte Carlo abrange o ramo da matemática experimental que foca em experiências com números aleatórios. Segundo ESCUDERO (1973 apud GARCIA, BARROS e OLIVEIRA 2010), o método consiste na substituição do estudo de um processo físico ou matemático por um modelo probabilístico que possa tratar problemas determinísticos por meio de amostras aleatórias ou por meio de número pseudo-aleatórios gerados por um computador.

O Método de Monte Carlo é, portanto, um modelo de simulação que utiliza a geração de números aleatórios para atribuir valores às variáveis que se deseja investigar. Os números podem ser obtidos por meio de algum processo aleatório (tabelas, roletas, etc.) ou diretamente do computador, por meio de funções específicas (LUSTOSA, PONTE, DOMINAS, 2004 apud LEMENHE et al., 2006).

Ainda de acordo com ESCUDERO (1973 apud GARCIA, BARROS e OLIVEIRA 2010), para resolver um problema por meio deste método, são utilizadas séries de tentativas aleatórias e a precisão do resultado final depende, em geral, do número de tentativas. O equilíbrio entre a precisão do resultado e o tempo de computação é uma característica útil dos métodos de Monte Carlo.

O Método de Monte Carlo é apropriado para resolver problemas de dimensão alta e/ou parâmetros estocásticos e, muitas vezes, é usado para calcular o valor esperado de uma variável que é função de várias outras variáveis estocásticas e que não pode ser tratada analiticamente. WITTEWER (2004) acrescenta que este método é frequentemente usado em casos em que o modelo é complexo, não-linear ou envolve mais do que apenas um par de parâmetros incertos.

BRUSAMARELLO (2011) apresenta diversos outros casos em que o método pode ser uma solução: modelos matemáticos não-lineares; distribuições assimétricas das grandezas de influência; contribuições não-normais dominantes. Ele ainda acrescenta que correlações entre grandezas e outras dificuldades presentes na aplicação do método clássico não precisam receber atenção especial neste método e que considerações sobre a normalidade da estimativa de saída e a aplicabilidade da fórmula para cálculo do número de graus de liberdade tornam-se desnecessárias.

2.4.2.1 Vantagens e Desvantagens

O método de Monte Carlo apresenta algumas vantagens, como foi possível perceber com o que foi visto até o momento e é considerado uma ferramenta muito eficiente. BRUSAMARELLO (2011) enumera algumas das principais vantagens deste método:

- (I) Produz uma aproximação da função de distribuição para o mensurando;
- (II) Desta distribuição, quaisquer parâmetros estatísticos, incluindo o resultado da medição, a incerteza de medição padrão associada e a respectiva probabilidade de abrangência intervalo de confiança, podem ser obtidos;
- (III) Não depende da natureza do modelo, isto é, pode ser fortemente não-linear ou ter um número grande de variáveis.

Apesar das vantagens supracitadas, o método apresenta um aspecto negativo. CHASE e PARKINSON (1991) e BRUSAMARELLO (2011) concordam sobre a principal desvantagem do método: seu caráter numérico associado à natureza computacional excessiva. O Método de Monte Carlo requer grandes amostras para alcançar uma precisão razoável, o que causa alguns transtornos em caso de amostras muito grandes. Quanto maior o tamanho de amostra, maiores são os requisitos sobre o *hardware* usado na simulação e no tempo necessário para se dispor do resultado. Desta forma, para definir o número de simulações, deve-se fazer um balanço entre a qualidade dos resultados desejada e as disponibilidades de *hardware* e de tempo.

Vale destacar que o erro amostral de simulação não é a única fonte de desvios potenciais na análise de incerteza pelo Método de Monte Carlo. Outros fatores, como modelos matemáticos pouco representativos e grandezas de influência mal

caracterizadas, por exemplo, podem gerar desvios bem maiores e ainda mais difíceis de serem detectados. Ou seja, aumentar o número de simulações não garante necessariamente redução do erro amostral.

2.4.3 O método

Para executar o Método de Monte Carlo, LUSTOSA, PONTE E DOMINAS (2004 apud GARCIA, BARROS e OLIVEIRA 2010) afirmam que algumas fases básicas devem ser seguidas. As etapas propostas são:

- (I) Definição das variáveis envolvidas com base em dados passados ou em estimativas subjetivas dos administradores;
- (II) Identificação das distribuições de probabilidade das variáveis aleatórias relevantes para o estudo;
- (III) Construção das distribuições de probabilidade acumuladas para cada uma das variáveis definidas;
- (IV) Definição dos intervalos dos números aleatórios para cada variável;
- (V) Geração dos números aleatórios;
- (VI) Simulação dos experimentos.

DIAS (2006) apresenta passos de forma resumida, conforme pode ser observado a seguir:

- (I) Especifique as distribuições das variáveis de entrada (incluindo sequências temporais de distribuição) e suas correlações/dependências;
- (II) Amostre as distribuições de dados de entrada (*inputs*);
- (III) Faça operações matemáticas com as amostras dos inputs (+, -, *, /, exp [.), etc.) para calcular o resultado (output) gerados por essas amostras;
- (IV) Repita os passos anteriores N vezes, gerando N outputs; e
- (V) Calcule a média e outras propriedades probabilísticas da resultante distribuição de *outputs*.

A partir das etapas é possível perceber como funciona o método de Monte Carlo. A partir das N operações com as distribuição das variáveis de entrada (*inputs*) é possível chegar à distribuição de *outputs*.

Resumindo, a distribuição de *outputs* é função das distribuições das variáveis de entrada e das operações associadas. Milhares de conjuntos de variáveis de entrada (*inputs*) são combinados de forma a garantir uma distribuição de *output* confiável. A figura a seguir ilustra graficamente como este processo funciona:

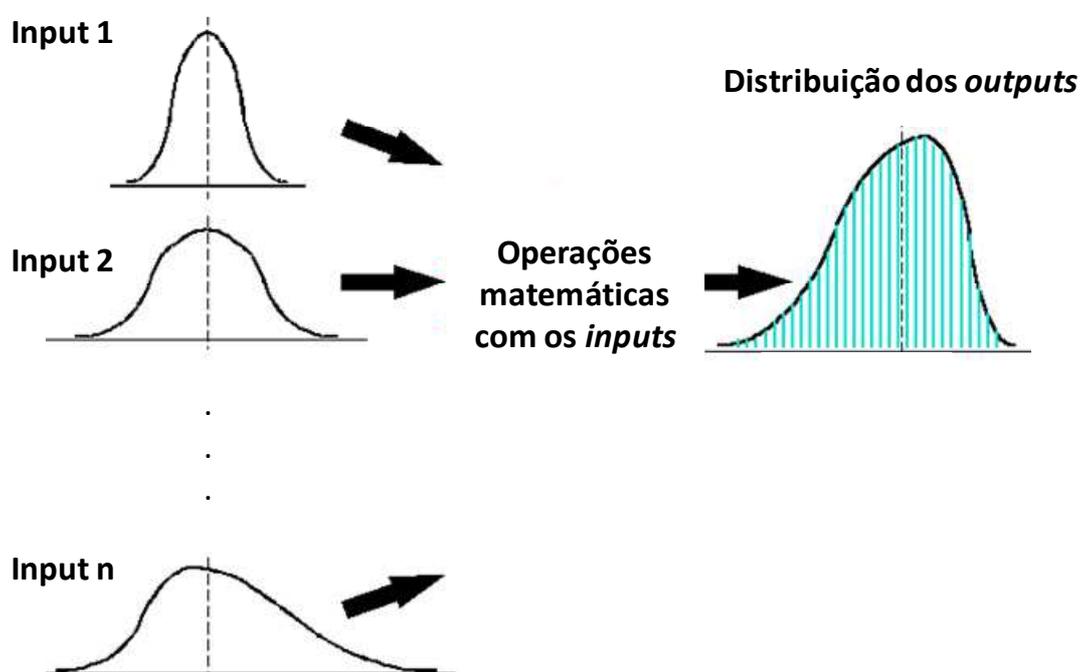


Figura 19: Método de Monte Carlo

Fonte: Adaptado de Cvetko et. al (2000)

A partir do que foi apresentado, é possível perceber que a eficiência da utilização dos métodos, ou seja, a qualidade dos resultados obtidos depende de alguns fatores principais. Como já mencionado, os resultados dependem do número de simulações realizadas, mas não exclusivamente deste critério. A representatividade do modelo matemático tem grande influência nos resultados, assim como a qualidade da caracterização das variáveis de entrada, as características do gerador de números pseudo-aleatórios utilizado, o procedimento de definição do intervalo de abrangência.

3 APLICAÇÃO PRÁTICA

3.1 Definição do caso

Uma vez estudados os referenciais teóricos sobre os temas abordados, o próximo passo, como já explicado em outras seções, consiste em aplicar estes conceitos a um exemplo prático.

O trabalho se propõe a estudar a interação entre Efeito de Rede e Ciclos de *Feedback* em um caso específico. O caso elaborado para estudar as possíveis relações entre os dois conceitos em destaque neste projeto foi intitulado de “Bolão da Final da Copa do Mundo”.

Antes de entrar nos detalhes do caso, é preciso entender em que consiste o termo “bolão”. “Bolão” é uma modalidade de aposta, inofensiva na maioria dos casos, que pode ocorrer de duas formas diferentes. Em uma delas, vários apostadores se juntam para adquirir uma série de cartões de apostas, aumentando assim a probabilidade de acertos, e, posteriormente, rateiam os prêmios em questão. No Brasil, este tipo de “bolão” tem sido bastante difundido. Além disso, tem sido incorporado informalmente pelas casas lotéricas como forma de vender mais bilhetes de concursos como a Mega-Sena².

A outra maneira, mais utilizada informalmente, conhecida como variante popular do “bolão”, consiste em apostar no resultado de um evento futuro, em geral esportivo, como os gols de uma partida de futebol. Neste caso, as apostas são recolhidas individualmente. Cada apostador indica qual o resultado em um evento futuro, que pode ser, por exemplo, o placar de uma partida desportiva específica, sequência de placares em um campeonato ou número de votos de um candidato numa eleição.

No exemplo deste trabalho, será utilizada a variante popular do “bolão” aplicada a um placar específico: o jogo final da Copa do Mundo, independentemente das seleções envolvidas neste jogo.

² A Mega-Sena é a maior modalidade lotérica do Brasil, sendo uma entre as dez modalidades atuais das loterias da Caixa Econômica Federal. A Mega-Sena apresenta sorteios ordinários duas vezes por semana, além da Mega-Sena da Virada no final do ano.

Resumindo, neste caso, “bolão” é uma forma de organização de apostas em que o prêmio final depende do número de participantes. Cada participante do “bolão” escolhe um resultado de um jogo e todos os participantes pagam determinado valor ao próprio grupo, formando um montante que será o prêmio final. O participante que apostar no resultado correto do jogo recebe o prêmio.

3.2 Objetivo do estudo do caso

O estudo deste caso específico proposto tem como objetivo validar duas hipóteses. A hipótese I é a de que existe efeito de rede no caso do “bolão” de apostas, enquanto a hipótese II consiste em: o prêmio individual do “bolão” não acompanha indefinidamente o aumento do número de participantes.

3.2.1 Hipótese I

A hipótese I proposta é a seguinte: existe efeito de rede no caso do “bolão” de apostas.

Primeiramente, as pessoas que se juntam em um “bolão” são definidas como uma rede de apostadores e o valor desta rede é definido como o prêmio pago ao apostador que acertou o resultado do jogo. Neste contexto, o efeito de rede se faria presente uma vez que uma maior quantidade de participantes na rede aumentaria o prêmio final.

Como exemplo, uma rede com N participantes, em que cada uma deles aposta um valor V em determinado resultado, premiaria o vencedor com o valor NV ao final do jogo. Desta forma, a entrada de um novo participante na rede aumentaria o prêmio para $NV+V$, comprovando o aumento de valor da rede. Esta característica, por sua vez, é a essência do efeito de rede.

O estudo de caso busca, então, verificar, a partir da metodologia que será detalhada a seguir, se realmente existe efeito de rede neste tipo de situação, como se supõe que exista.

3.2.2 Hipótese II

A outra hipótese que a ser validada é: o prêmio individual do “bolão” não acompanha indefinidamente o aumento do número de participantes.

Utilizando a metodologia de Enlace Causal, o sistema de formação do “bolão” pode ser entendido pela figura a seguir:

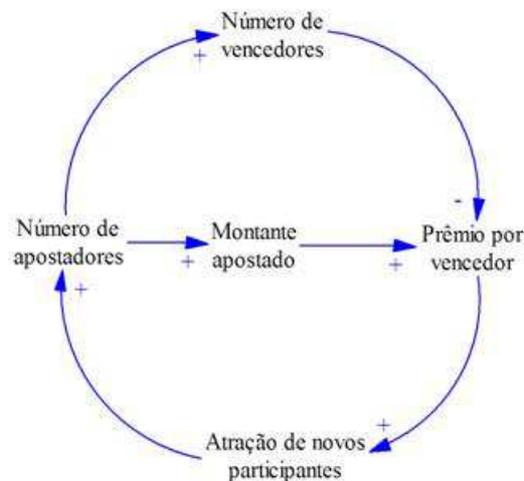


Figura 20: Estrutura do "bolão"

Fonte: Os autores

O diagrama pode ser interpretado da seguinte forma: quanto maior o número de participantes no “bolão”, maior será o montante envolvido e maior será o número de vencedores. Quanto maior o montante envolvido, maior será o prêmio por vencedor. Por outro lado, quanto maior número de vencedores, menor será este prêmio individual. Um aumento por participante, por sua vez, atrai novos apostadores, o que causa aumento do número de apostadores, recomeçando o ciclo.

A primeira fase da formação do “bolão”, em que o aumento de valor da rede com a entrada de novos apostadores traria outros participantes, atraídos por um prêmio cada vez maior, se caracterizaria como um ciclo de reforço do sistema de apostas (figura 20). Como já visto no capítulo anterior, ciclo de reforço é aquele em que as ações produzem uma variação no mesmo sentido, como no caso deste exemplo.

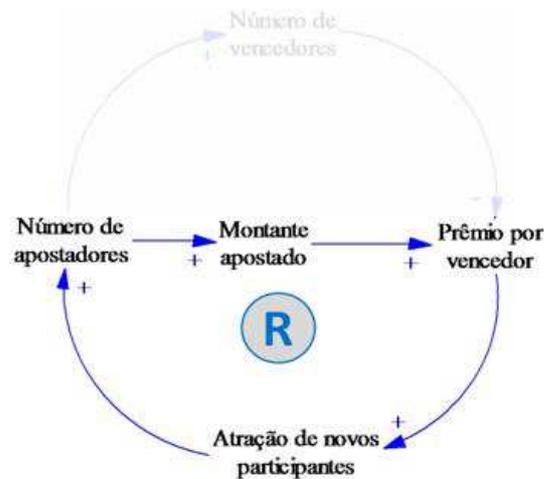


Figura 21: Ciclo de reforço no "bolão"

Fonte: Os autores

No entanto, quando a rede já apresentasse um número maior de apostadores, a entrada de um novo participante acrescentaria apenas um valor pequeno perto do montante já arrecadado com todos outros apostadores e aumentaria as chances de que o prêmio fosse dividido com mais um vencedor.

Essa segunda fase da formação do “bolão” se caracterizaria por um ciclo de equilíbrio (figura 21). Ciclo de equilíbrio ocorre quando as ações envolvidas no sistema produzem uma variação contrária. Nesse ponto, a rede estaria saturada, já que a entrada de um novo participante à rede não aumentaria seu valor.

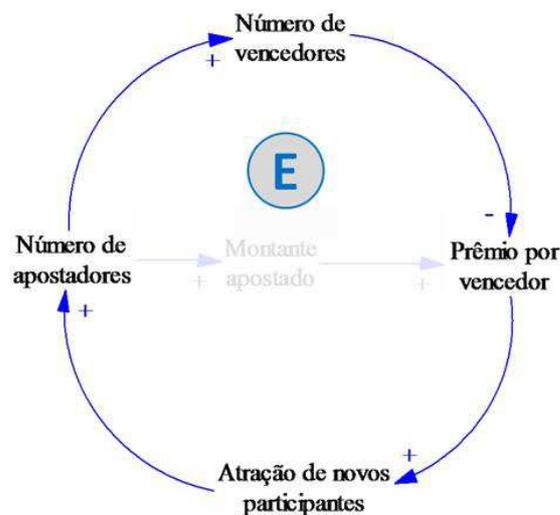


Figura 22: Ciclo de equilíbrio no "bolão"

Fonte: Os autores

Desse modo, o prêmio individual não acompanharia indefinidamente o acréscimo de novos participantes, o que é constitui a segunda hipótese a ser validada neste trabalho.

3.3 Metodologia

Para validar as hipóteses, foram realizadas simulações que mostram o prêmio individual esperado para diferentes números de participantes do “bolão”. O modelo de simulação adotado foi o Modelo de Monte Carlo e a aderência da simulação a este método será explicada posteriormente.

Inicialmente, foi realizada uma simulação de dois apostadores. Nas simulações posteriores, o número de apostadores foi sendo acrescido em um (representando a entrada de um novo apostador na rede) até que se observasse algum padrão de resposta da simulação quanto ao número de apostadores.

Cada uma destas simulações com determinado número de apostadores foi composta por cem mil repetições. Assim, o valor esperado do prêmio individual referente à simulação com um determinado número de apostadores é igual à média dos resultados das cem mil repetições.

3.3.1 Premissas

A seguir, serão explicadas todas as premissas que foram adotadas no funcionamento da simulação:

I) A probabilidade de um determinado resultado do jogo ocorrer é igual à sua distribuição estatística histórica, ou seja, a probabilidade de um placar específico ocorrer na Final da Copa do Mundo é igual ao percentual de vezes que esse placar ocorreu nos jogos anteriores.

II) Para a formação do histórico de dados que servisse como base para o resultado da Final da Copa do Mundo, foram levantados os resultados dos jogos de finais, semifinais e disputas de terceiro lugar das últimas oito Copas do Mundo, oito Copas América, oito Eurocopas e seis Copas das Confederações. Foram selecionados apenas resultados das partidas das etapas finais destes campeonatos, porque as etapas iniciais costumam apresentar placares mais elásticos, diferente do que geralmente ocorre nas finais de

Copa do Mundo, devido à presença de seleções que não costumam chegar às fases finais. Ainda, foram selecionadas apenas as partidas destas competições porque as seleções que disputam outros campeonatos não costumam chegar às finais da Copa do Mundo. Desse modo, os autores do trabalho consideraram que as partidas selecionadas para o histórico representariam melhor a realidade de uma futura final de Copa do Mundo. A base histórica de dados utilizada pode ser encontrada no Apêndice A.

III) As chances de as duas seleções que jogarem a final da Copa do Mundo saírem vencedoras são iguais. Como o resultado do jogo depende do time vencedor, nos placares em que houve um vencedor, a quantidade de vezes em que este resultado ocorreu foi dividida por dois. Explica-se: todos os placares 1x0 do histórico foram somados e foi encontrado o número de resultados 1x0 presentes na base histórica selecionada. No entanto, o apostador não escolhe o resultado 1x0, ele escolhe, na realidade, o resultado 1x0 para um dos times. Desse modo, como as duas seleções têm a mesma chance de vitória, a quantidade de resultados 1x0 encontrada anteriormente deve ser dividida igualmente em resultados 1x0 e 0x1. Esta mesma lógica foi seguida para todos os placares que não representam empates. Os resultados foram consolidados, e estão presentes na tabela 1 a seguir.

Resultados	Frequência	Probabilidade	ProbAcum
0x1	11,5	10,27%	10,27%
1x0	11,5	10,27%	20,54%
1x1	11	9,82%	30,36%
0x2	8,5	7,59%	37,95%
2x0	8,5	7,59%	45,54%
1x2	8	7,14%	52,68%
2x1	8	7,14%	59,82%
0x0	6	5,36%	65,18%
2x3	6	5,36%	70,54%
3x2	6	5,36%	75,89%
2x2	4	3,57%	79,46%
0x3	3,5	3,13%	82,59%
3x0	3,5	3,13%	85,71%
1x3	2,5	2,23%	87,95%
3x1	2,5	2,23%	90,18%
1x4	1,5	1,34%	91,52%
4x1	1,5	1,34%	92,86%
0x4	1	0,89%	93,75%
3x4	1	0,89%	94,64%
4x0	1	0,89%	95,54%
4x3	1	0,89%	96,43%
0x6	0,5	0,45%	96,88%
0x7	0,5	0,45%	97,32%
2x4	0,5	0,45%	97,77%
2x8	0,5	0,45%	98,21%
4x2	0,5	0,45%	98,66%
6x0	0,5	0,45%	99,11%
7x0	0,5	0,45%	99,55%
8x2	0,5	0,45%	100,00%
TOTAL	112	100,00%	

Tabela 1: Probabilidades de resultados consolidadas

Fonte: Os autores

IV) A probabilidade de um apostador escolher determinado placar é igual à distribuição estatística histórica deste resultado. Por exemplo, se um placar ocorreu 20% das vezes no histórico de resultados, o apostador tem 20% de probabilidade de apostar neste placar.

V) No caso de apenas uma pessoa acertar o resultado do jogo, o montante arrecadado pelas apostas de todos os apostadores é oferecido integralmente ao vencedor. Se mais de uma pessoa acertar o resultado, o prêmio é dividido igualmente entre os vencedores.

Caso nenhum dos apostadores acerte o resultado, o montante arrecadado é utilizado para outros fins.

VI) Foi estipulado um valor monetário igual a cinco para o valor das apostas. O valor da aposta não influencia a validação das hipóteses, mas a determinação de um valor específico facilita o entendimento do problema.

3.5 Modelagem

A partir das premissas adotadas, será explicado a seguir o funcionamento da simulação. A simulação foi realizada no *software* Microsoft Excel, com auxílio de programação na linguagem VB. A alocação de apostadores aos resultados, assim como a decisão do resultado final e o prêmio individual foram determinados pela programação criada.

Em uma repetição de uma simulação com N apostadores, cada apostador é alocado a um resultado. A alocação do apostador ao resultado se dá da seguinte forma: um valor aleatório é gerado pela função ALEATÓRIO do Excel. Em seguida, esse valor gerado é comparado à coluna Probabilidade Acumulada da tabela 1. O apostador é alocado ao placar em que seu valor aleatório é menor que a probabilidade acumulada do placar, mas é maior que a probabilidade acumulada do placar anterior.

Por exemplo, é gerado o valor aleatório 0,5 para o primeiro dos N apostadores. Olhando a tabela 1, esse valor de 0,5 é menor que o valor 52,68% do placar 1x2 (coluna Probabilidade Acumulada) e maior que o valor 45,54% do placar 2x0. Desse modo, o primeiro apostador escolheu apostar no resultado 1x2. Esse procedimento é repetido para os N apostadores. A aposta do último jogador é guardada, para posterior comparação com o resultado do jogo. Ao final deste processo, os apostadores estarão distribuídos entre os placares. É esperado que alguns placares não tenham nenhum apostador (mais provavelmente os placares menos recorrentes) e outros tenham mais de um apostador (mais provavelmente os placares mais recorrentes). Como a função ALEATÓRIO do Excel gera um número a partir de uma distribuição uniforme entre 0 e 1 e a diferença entre a probabilidade acumulada de um placar e o placar anterior é a própria probabilidade do resultado, pode-se afirmar que os jogadores são alocados aos placares de acordo com a frequência deste resultado no passado.

Como foi explicado nas premissas, o resultado do jogo também é função da frequência histórica de cada placar. Assim, o resultado do jogo é calculado da mesma forma que a aposta de um jogador: é gerado um número aleatório que é comparado com a frequência acumulada da tabela 1. A aposta do último jogador é comparada com o resultado do jogo. Se o placar for diferente, o prêmio individual desta repetição da simulação é igual a 0. Se o placar for igual e o último apostador tiver sido o único a apostar neste resultado, o prêmio individual é de $5N$ (valor da aposta vezes o número de apostadores). Se o placar for igual e M apostadores tiverem acertado (incluindo o último apostador), o prêmio individual é igual a $5N/M$.

Esse modelo é repetido cem mil vezes. A média dos prêmios individuais destas cem mil repetições é igual ao valor esperado do prêmio individual para um bolão com N apostadores. Como dito anteriormente, a simulação foi realizada até um número N em que se observasse um padrão no valor esperado do prêmio individual.

Como explicado em seções anteriores, o Método de Monte Carlo simula resultados que são funções de variáveis aleatórias que possuem determinadas distribuições de probabilidade. A simulação de Monte Carlo gera valores para as variáveis aleatórias e computa os resultados finais. Este procedimento é repetido inúmeras vezes, fornecendo ao final uma base de resultados que pode ser utilizada para análise.

No caso desta simulação, o resultado em questão é o prêmio individual esperado. As variáveis aleatórias das quais o resultado é função são as apostas dos participantes do “bolão”, já que a aposta de cada um é dependente de uma distribuição discreta (Tabela 1). O número de variáveis aleatórias de cada simulação é igual ao número de apostadores mais um, pois a aposta de todos participantes são variáveis aleatórias e o resultado do jogo também é uma variável aleatória.

Por exemplo, a simulação com dez apostadores é uma simulação de Monte Carlo que possui onze variáveis aleatórias e que foi composta por cem mil repetições.

3.6 Resultados

Depois de realizadas as simulações, as médias dos resultados (prêmio individual) das cem mil repetições das simulações para cada número N de apostadores foram consolidadas na Tabela 2 apresenta a seguir.

N	Média	N	Média	N	Média	N	Média	N	Média
2	0,636	42	4,288	82	4,701	122	4,762	162	4,804
3	0,916	43	4,235	83	4,624	123	4,834	163	4,885
4	1,176	44	4,281	84	4,738	124	4,835	164	4,914
5	1,433	45	4,354	85	4,675	125	4,809	165	4,899
6	1,63	46	4,429	86	4,498	126	4,769	166	4,843
7	1,857	47	4,295	87	4,735	127	4,833	167	4,859
8	2,015	48	4,357	88	4,69	128	4,865	168	4,943
9	2,219	49	4,404	89	4,744	129	4,766	169	4,9
10	2,352	50	4,311	90	4,718	130	4,786	170	4,908
11	2,496	51	4,36	91	4,691	131	4,792	171	4,849
12	2,646	52	4,432	92	4,637	132	4,691	172	4,936
13	2,721	53	4,369	93	4,599	133	4,783	173	4,782
14	2,88	54	4,441	94	4,639	134	4,758	174	4,905
15	2,975	55	4,464	95	4,747	135	4,672	175	4,903
16	3,04	56	4,52	96	4,702	136	4,96	176	4,79
17	3,112	57	4,502	97	4,798	137	4,932	177	4,788
18	3,315	58	4,568	98	4,819	138	4,727	178	4,922
19	3,299	59	4,571	99	4,727	139	4,859	179	4,838
20	3,43	60	4,41	100	4,782	140	4,9	180	4,794
21	3,468	61	4,441	101	4,698	141	4,83	181	4,973
22	3,6	62	4,541	102	4,688	142	5,03	182	4,991
23	3,651	63	4,509	103	4,82	143	4,882	183	4,878
24	3,654	64	4,533	104	4,866	144	4,776	184	4,898
25	3,713	65	4,604	105	4,77	145	4,892	185	4,86
26	3,731	66	4,627	106	4,792	146	4,819	186	4,835
27	3,787	67	4,485	107	4,816	147	4,741	187	4,796
28	3,927	68	4,505	108	4,713	148	4,957	188	4,904
29	3,986	69	4,698	109	4,856	149	4,829	189	4,835
30	3,999	70	4,532	110	4,762	150	4,851	190	4,8
31	4,044	71	4,62	111	4,658	151	4,9	191	4,913
32	4,162	72	4,539	112	4,817	152	4,936	192	4,89
33	4,092	73	4,687	113	4,847	153	4,721	193	4,921
34	4,065	74	4,572	114	4,812	154	4,738	194	4,802
35	4,188	75	4,619	115	4,739	155	4,774	195	4,94
36	4,053	76	4,709	116	4,827	156	4,913	196	4,815
37	4,231	77	4,632	117	4,851	157	4,887	197	4,998
38	4,241	78	4,69	118	4,929	158	4,719	198	4,682
39	4,22	79	4,725	119	4,712	159	4,915	199	4,702
40	4,253	80	4,673	120	4,723	160	4,719	200	4,828
41	4,258	81	4,673	121	4,733	161	4,801		

Tabela 2: Resultados consolidados

Fonte: Os autores

Os dados expostos na tabela 2 foram utilizados para gerar o gráfico da figura 23. Esse gráfico confronta o valor esperado do prêmio individual com o número N de apostadores no “bolão”.

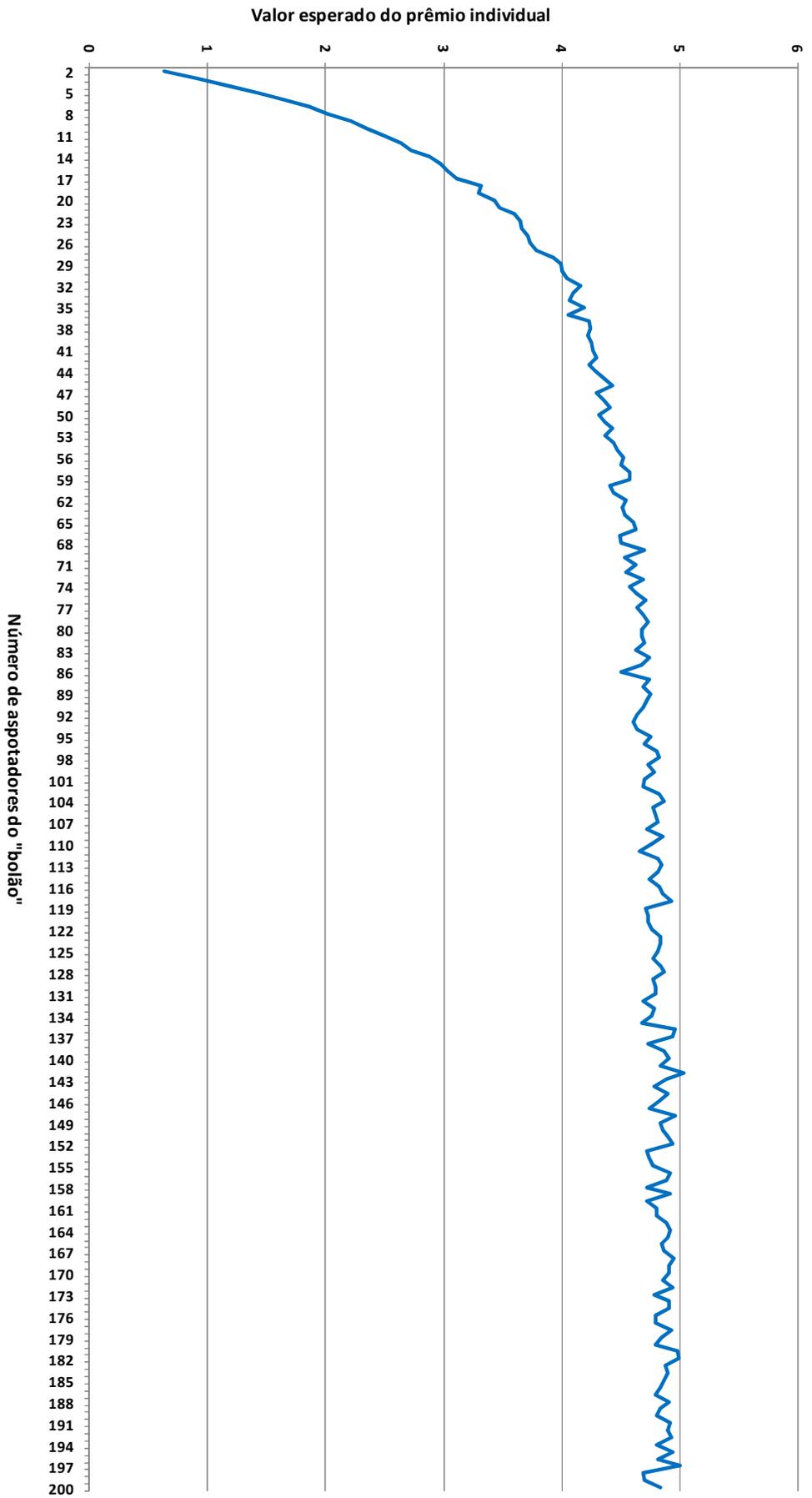


Figura 23: Gráfico apostadores x valor esperado

Fonte: Os autores

Por meio da análise do gráfico presente na figura 23, é possível observar que o valor esperado do prêmio individual do “bolão” (representado pela média das cem mil repetições de cada simulação) segue um rápido crescimento com o aumento do número de apostadores quando o número de apostadores ainda é pequeno. Por exemplo, o valor esperado do prêmio individual do “bolão” com dois apostadores é igual a 0,636. Com a entrada de um novo apostador no “bolão”, esse valor esperado aumenta para 0,916. Com um quarto apostador, o valor esperado sobe para 1,176. Assim, pode-se dizer que a entrada de um novo apostador no “bolão” faz com que o valor esperado do prêmio individual para cada participante seja maior. Como o valor esperado do prêmio individual representa o valor da rede, é possível dizer que o valor da rede aumenta com a entrada de um novo apostador.

Esse valor continua crescendo, mas de maneira menos agressiva, quando o “bolão” é formado por dezoito apostadores. A inclinação da curva fica ainda menos acentuada para o ponto em que o número de apostadores é igual a trinta e sete e diminuindo ainda mais a inclinação no ponto em que o número N de apostadores se torna igual a setenta e oito. A partir do ponto em que N é igual a 114, o valor esperado do prêmio individual para de crescer com o aumento do número de apostadores. Esta análise pode ser verificada no gráfico da figura a seguir.

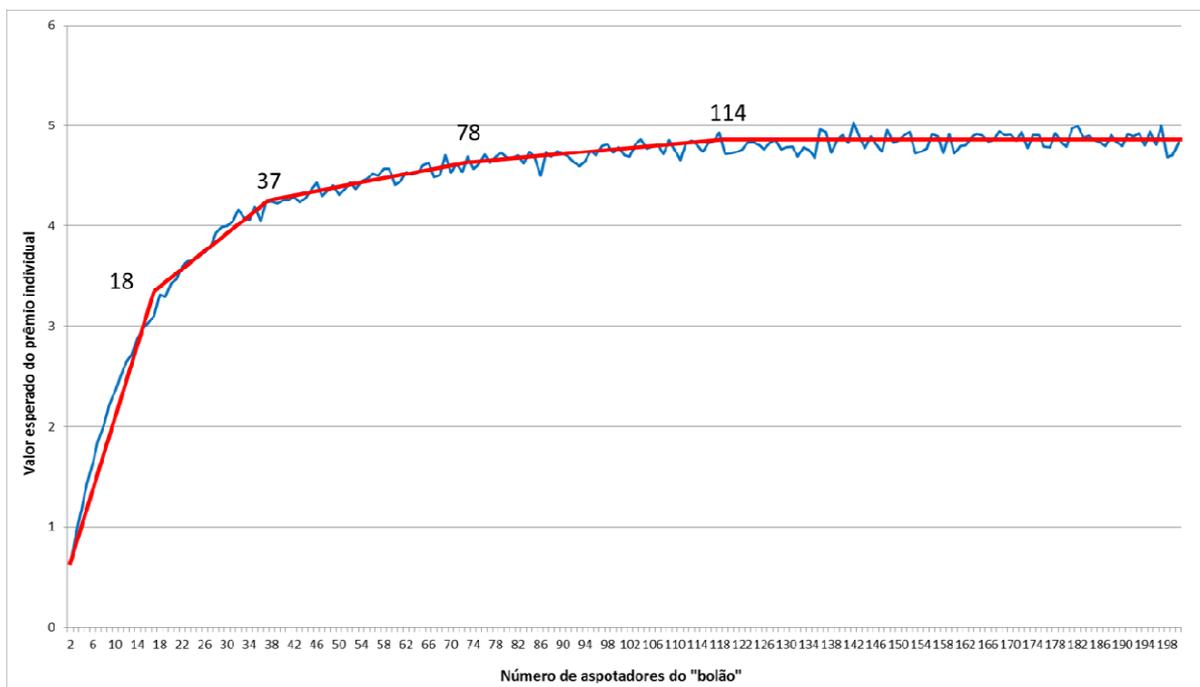


Figura 24: Pontos críticos do gráfico apostadores x valor esperado

Fonte: Os autores

Por meio da análise dos gráficos e da tabela, os resultados da simulação foram usados para validar as hipóteses levantadas anteriormente.

3.7 Validação de Hipóteses

Por meio da análise dos gráficos e da tabela, os resultados da simulação foram usados para validar as hipóteses levantadas anteriormente.

3.7.1 Hipótese I

A hipótese a ser validada consistia em: existe efeito de rede no caso do “bolão” de apostas

A análise dos resultados, a partir do gráfico apresentado na Figura 24, permite afirmar que, para apostas com menos de cento e catorze apostadores (aproximadamente), a entrada de um novo apostador no “bolão” aumenta o valor esperado do prêmio individual.

Logo, pode-se dizer que a entrada de um novo usuário à rede aumenta o valor da rede para todos outros usuários, uma vez que o valor do prêmio individual também cresce. Com isso, conclui-se que existe efeito de rede no caso do “bolão” e a hipótese levantada é validada como uma afirmativa verdadeira.

3.7.2 Hipótese I:

A segunda hipótese a ser validada consiste na seguinte afirmativa: o prêmio individual do “bolão” não acompanha indefinidamente o aumento do número de participantes.

A análise dos resultados permite afirmar que, para apostas com mais de cento e catorze apostadores (aproximadamente), a entrada de um novo apostador no “bolão” não aumenta o valor esperado do prêmio individual, já que ele se mantém praticamente constante (excluindo as variações aleatórias inerentes ao processo de simulação).

Logo, pode-se dizer que a entrada de um novo usuário à rede não aumenta o valor da rede para todos outros usuários. Com isso, conclui-se que, “bolões” com aproximadamente mais de cento e catorze apostadores, estão saturados, fazendo com que o prêmio individual não acompanhe o crescimento do número de apostadores.

A validação desta hipótese comprova as suposições, descrita em detalhes anteriormente, sobre os ciclos de *feedback* reforço e de equilíbrio presentes no caso do “bolão”.

3.8 Discussão final sobre o modelo

O ponto aproximado em que N é igual a cento e catorze é considerado o ponto de saturação da rede. No “bolão” com poucos jogadores, o ciclo de reforço que aumenta o prêmio individual esperado de acordo com o aumento do número de apostadores (Figura 21) se mostra mais intenso. Na medida em que o número de apostadores cresce, esse ciclo vai perdendo força e o ciclo de equilíbrio (Figura 22) se mostra mais intenso, fazendo com que o prêmio individual esperado não cresça.

Esse comportamento do modelo poderia ser esperado, de acordo com a seguinte lógica. Para números pequenos de apostadores, espera-se que os apostadores não se distribuam perfeitamente entre os resultados possíveis da partida de acordo com a probabilidade de cada resultado da partida. Por exemplo, em um bolão com quatro apostadores, é impossível que o resultado 0x1 tenha o mesmo número de apostadores que o resultado 1x0, já que ambos os resultados apresentam a mesma probabilidade de ocorrência, e que o resultado 0x1 tenha aproximadamente três vezes o número de apostadores que o resultado 2x2, já que o primeiro possui aproximadamente três vezes a probabilidade de ocorrência que o segundo.

Se o número de apostadores for dobrado para oito, o problema persiste, pois não haverá uma distribuição dos participantes entre os resultados que seja proporcional às probabilidades dos resultados ocorrerem. Isso faz com que o montante apostado dobre, mas que os participantes que apostem em cada resultado não necessariamente dobrem também. Essa defasagem entre número de apostadores e distribuição dos resultados possíveis faz com que “bolões” com baixo número de apostadores permitam a entrada de novos participantes e que o prêmio individual esperado aumente.

Imaginando um “bolão” com grande número de apostadores, pode-se dizer que os participantes estariam distribuídos pelos resultados proporcionalmente às probabilidades de ocorrência de cada resultado. Se o número de apostadores for dobrado, o montante apostado será dobrado, mas o número de apostadores em cada resultado também dobrará. Logo, o prêmio individual se manterá constante. Então,

pode-se concluir que, para grandes números de apostadores, o aumento de participantes não gera um aumento do prêmio individual.

A discussão dos parágrafos anteriores é apenas uma abordagem alternativa à simulação realizada neste projeto e que poderia também ser elaborada para validar as hipóteses levantadas.

4 CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo estudar a relação entre efeito de rede e ciclos de *feedback*. A partir do estudo dos conceitos, buscou-se analisar situações em que o efeito de rede se encontrava presente e justificar o crescimento das redes por meio de ciclos de reforço. Em um mundo em que as conexões e interações entre organizações se tornaram tão frequentes, é importante saber como tirar proveito das relações existentes nas redes.

No contexto do efeito de rede, foi possível analisar as principais causas deste fenômeno, situações em que ele ocorre e as consequências para os participantes do mercado. Questões como permanência de usuários na rede, criação de redes complementares, interação entre participantes, entre outros, mostraram que costumam restar poucas (ou apenas uma) marcas nos mercados em que há efeito de rede. Ainda, a exposição de estratégias para a organização se tornar a dominante da rede contribuiu para que gerentes de operações adequem sua estratégia à realidade do mercado, se aproveitando do efeito de rede.

Os ciclos de *feedback* se mostraram importantes para que a visualização de um negócio não fosse apenas linear. Pensar sistemicamente auxilia a verificação de todas as consequências geradas por variações em determinadas variáveis. O poder potencializar dos ciclos de reforço foi analisado como fonte imprescindível para alavancar crescimento de organizações.

Neste sentido, o trabalho passou a analisar quantitativamente uma situação em que estes dois conceitos se relacionavam. O modelo de apostas do “bolão” permitiu observar por meio de estatísticas o aumento do valor de uma rede na medida em que o número de participantes desta rede crescia. Ainda, o modelo expôs também o ponto de saturação desta rede, a partir do qual o ciclo de reforço que aumentava o prêmio individual dos participantes foi anulado pelo ciclo de equilíbrio que dividia o prêmio maior por um número também maior de participantes.

Apesar de o modelo criado ser bem específico, contendo várias premissas particulares e necessárias ao seu funcionamento, a metodologia de utilização de uma simulação de Monte Carlo para verificação de um efeito de rede pode ser replicada, se realizados alguns ajustes. Modelos mais elaborados também podem ser criados, nos

quais as variáveis se relacionem de forma mais complexa para gerar o resultado final. O diferencial deste modelo é exatamente conseguir aplicar certa objetividade numérica a sistemas complexos que funcionem de maneira dinâmica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CATÁLOGO DO CURSO. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Engenharia, Curso de Engenharia de Produção. 1995.

ALVEZ, L.B. **Aplicação da Dinâmica de Sistemas no Planejamento de Projetos de Desenvolvimento: Projetos de Habitação Social**. Dissertação de Mestrado Engenharia de Produção Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), 2008.

ARACIL, J. *Dinâmica de Sistemas*. 1 ed. Madrid: Isdefe, 1995.

BALLOU, Ronald H. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos: Planejamento, Organização e Logística Empresarial**. 4 ed. Porto Alegre: Bookman, 2004.

CORBETT, T. **Introdução à Dinâmica de Sistemas**, 2003.

FERNANDES, A.C. **Scorecard Dinâmico – Em direção à Integração da Dinâmica de Sistemas com o *Balanced Scorecard***. Tese de Doutorado, COPPE/UFRJ, 2003.

FORRESTER, J.W. *Industrial Dynamics*. Waltham, MA: Pegasus Communications., 1961.

FORRESTER, J.W. *Some Basic Concepts in System Dynamics*. Sloan School of Management, Massachusetts Institute of Technology, 2009.

GALLAGHER, S. e WEST. J. **Reconceptualizing and expanding the positive feedback network effects model: A case study**. Journal of Engineering and Technology Management, 2009.

GHEMAWAT, P. **A Estratégia e o Cenário dos Negócios**. 2 ed. São Paulo: Bookman, 2007.

HAMMERSLEY, J.M. e HANDSCOMB, D.C. **Monte Carlo Methods**. London: Methuen, 1964.

HAYES et al. **Produção, Estratégia e Tecnologia: Em Busca da Vantagem Competitiva**. Porto Alegre: Bookman, 2008.

LEMENHE, F., JÚNIOR, E.C., ROCHA, C.A.S., ALEXANDRE, J.W.C., CIARLINI, A.F.S. **O método de Simulação de Monte Carlo para precificação de planos de saúde: uma abordagem didática.** XXVI ENEGEP - Fortaleza/ CE, 2006.

LUSTOSA, P.R.B., GARCIA, S. e BARROS, N. **Aplicabilidade do Método de Simulação de Monte Carlo na Previsão dos Custos de Produção de Companhias Industriais: O caso da Companhia Vale do Rio Doce.** Trabalho aprovado no 7º Congresso USP de Contabilidade, 2010.

MAUBOSSIN, M.J. **Exploring Network Economics.** Legg Mason, 2004.

MENOSSE, O.S. **Estoque de Segurança em Refinarias de Petróleo: Análise por Simulação.** Dissertação de Mestrado Engenharia de Produção Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), 2002.

RODRIGUES, A.M.B. **O *Balanced Scorecard* como fundamento para Planejamento Estratégico de MPEs: Uma proposta para a ótica Montreal Ltda.** Trabalho de Conclusão de Curso de Administração, Faculdade de Ciências Sociais Aplicadas de Florianópolis (FCSF), 2008.

SHAPIRO, C. e VARIAN, H.R. **Information Rules.** Harvard Business Press. Boston, Massachusetts, 1999.

STERMAN, J.D. ***Business Dynamics.*** Boston: Irwin McGraw-Hill, 2000.

STREMERCH, S., TELLIS, G.J., FRANCES, P.H. e BINKEN, J.L.G. ***Indirect Network Effects in New Product Growth.*** *Journal of Marketing*, 2006.

BRUSAMARELLO, V. ***Método de Monte Carlo aplicado a análise de incertezas,*** 2011. Disponível em: <<http://www.chasqueweb.ufrgs.br/~valner.brusamarello/aula4.pdf>>. Acesso em: 16 julho 2013.

CHASE, K.W., PARKINSON, A.R. ***A Survey of Research in the Application of Tolerance Analysis to the Design of Mechanical Assemblies,*** 1991. Disponível em: <http://adcats.et.byu.edu/Publication/91-1/DesRes_w_figs.html>. Acesso em: 17 julho 2013.

CVETKO, R., CHASE, K.W. e MAGLEBY, S. *New Metrics for Evaluating Monte Carlo*, 2000. Disponível em: <http://adcats.et.byu.edu/Publication/98-2/CvP1-2col__6=30=98.html>. Acesso em: 16 julho 2013.

DIAS, M.A. G. *Análise de Investimentos com Opções Reais*. Disponível em: <http://marcoagd.usuarios.rdc.puc-rio.br/pdf/or_ind2072_parte_5.pdf>. Acesso em: 16 julho 2013.

ESQUÍVEL, P. *Gestão e Qualidade nas Organizações*. Disponível em: <<http://gestao-qualidade.dashofer.pt/>>. Acesso em: 19 julho 2013.

GALLAUGHER, J.M. *Understanding Network Effects*, 2008. Disponível em: gallaugh.com. Acesso em: 27 maio 2013.

GARCIA, S., BARROS, N. e OLIVEIRA, P.H.D. *Aplicabilidade do Método de Simulação de Monte Carlo na Previsão dos Custos de Produção de Companhias Industriais: O caso da Companhia Vale do Rio Doce*. Disponível em: <http://www.congressosp.fipecafi.org/artigos72007/an_resumo.asp?con=1&cod_trabalho=537>. Acesso em: 17 julho 2013.

LAZO, J.G.L. *Tratamento de Incertezas Simulação de Monte Carlo*. Disponível em: <<http://www2.ica.ele.puc-rio.br/Downloads/224/Simula%C3%A7%C3%A3o%20Monte%20Carlo.pdf>>. Acesso em: 17 julho 2013.

MACHADO, J.R.L. *Diários gratuitos Destak e Metro no Brasil: o aprofundamento do discurso publijornalístico*, 2011. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/27/27153/tde-14122011-221611/pt-br.php>>. Acesso em: 27 maio 2013.

SUNDARARAJAN, A. *Network Effects*, 2006. Disponível em: <<http://oz.stern.nyu.edu/io/network.html>>. Acesso em 01 junho 2013.

WITTWER, J.W. *Monte Carlo Simulation in Excel: A Practical Guide*, 2004. Disponível em: <<http://www.vertex42.com/ExcelArticles/mc/index.html>>. Acesso em: 18 julho 2013.

Ciclos de Reforço e Equilíbrio, Dinâmica de Negócios. Disponível em: <<http://dinamicadenegocios.wordpress.com/2009/10/30/3-1-ciclos-de-reforco-e-equilibrio/>>. Acesso em: 02 junho 2013.

Google reveals Play Music All Access subscription service. Disponível em: <<http://www.bbc.co.uk/news/technology-22542725>>. Acesso em: 29 maio 2013.

Informações sobre o Facebook, Facebook. Disponível em: <<http://newsroom.fb.com/content/default.aspx?NewsAreaId=22#Statistics>>. Acesso em: 28 maio 2013.

Metro Online. Disponível em: <http://www.readmetro.com/en/>. Acesso em 28 maio 2013.

Relatório sobre a Indústria de Cartões de Pagamentos, 1ª edição, maio/2010. Disponível em: <http://www.bcb.gov.br/htms/spb/Relatorio_Cartoes.pdf>. Acesso em 28 maio 2013.

United States of America vs. Microsoft Corporation, 1999. Disponível em: <<http://www.justice.gov/atr/cases/f3800/msjudgex.htm>>. Acesso em: 20 julho 2013.

Resultados dos Jogos Seleccionados. *Wikipedia*. Disponível em: <<http://www.wikipedia.org>>. Acesso em: 28 maio 2013.

900 million Android activations! Google. Disponível em: <<http://www.youtube.com/watch?v=1CVbQttKUIk>>. Acesso em: 28 maio 2013.

APÊNDICE A

Campeonato	Ano	Jogo	Placar	Campeonato	Ano	Jogo	Placar
Copa do Mundo	2010	Final	1x0	Copa América	2011	Final	3x0
Copa do Mundo	2010	Terceiro Lugar	3x2	Copa América	2011	Terceiro Lugar	4x1
Copa do Mundo	2010	Semi-Final	3x2	Copa América	2011	Semi-Final	0x0
Copa do Mundo	2010	Semi-Final	1x0	Copa América	2011	Semi-Final	2x0
Copa do Mundo	2006	Final	1x1	Copa América	2007	Final	3x0
Copa do Mundo	2006	Terceiro Lugar	3x1	Copa América	2007	Terceiro Lugar	3x1
Copa do Mundo	2006	Semi-Final	1x0	Copa América	2007	Semi-Final	2x2
Copa do Mundo	2006	Semi-Final	2x0	Copa América	2007	Semi-Final	3x0
Copa do Mundo	2002	Final	2x0	Copa América	2004	Final	2x2
Copa do Mundo	2002	Terceiro Lugar	3x2	Copa América	2004	Terceiro Lugar	2x1
Copa do Mundo	2002	Semi-Final	1x0	Copa América	2004	Semi-Final	1x1
Copa do Mundo	2002	Semi-Final	1x0	Copa América	2004	Semi-Final	3x0
Copa do Mundo	1998	Final	3x0	Copa América	2001	Final	1x0
Copa do Mundo	1998	Terceiro Lugar	2x1	Copa América	2001	Terceiro Lugar	2x2
Copa do Mundo	1998	Semi-Final	1x1	Copa América	2001	Semi-Final	2x1
Copa do Mundo	1998	Semi-Final	2x1	Copa América	2001	Semi-Final	2x0
Copa do Mundo	1994	Final	0x0	Copa América	1999	Final	3x0
Copa do Mundo	1994	Terceiro Lugar	4x0	Copa América	1999	Terceiro Lugar	2x1
Copa do Mundo	1994	Semi-Final	2x1	Copa América	1999	Semi-Final	2x0
Copa do Mundo	1994	Semi-Final	1x0	Copa América	1999	Semi-Final	1x1
Copa do Mundo	1990	Final	1x0	Copa América	1997	Final	3x1
Copa do Mundo	1990	Terceiro Lugar	2x1	Copa América	1997	Terceiro Lugar	1x0
Copa do Mundo	1990	Semi-Final	1x1	Copa América	1997	Semi-Final	3x1
Copa do Mundo	1990	Semi-Final	1x1	Copa América	1997	Semi-Final	7x0
Copa do Mundo	1986	Final	3x2	Copa América	1995	Final	1x1
Copa do Mundo	1986	Terceiro Lugar	4x2	Copa América	1995	Terceiro Lugar	4x1
Copa do Mundo	1986	Semi-Final	2x0	Copa América	1995	Semi-Final	2x0
Copa do Mundo	1986	Semi-Final	2x0	Copa América	1995	Semi-Final	1x0
Copa do Mundo	1982	Final	3x1	Copa América	1993	Final	2x1
Copa do Mundo	1982	Terceiro Lugar	3x2	Copa América	1993	Terceiro Lugar	1x0
Copa do Mundo	1982	Semi-Final	2x0	Copa América	1993	Semi-Final	2x0
Copa do Mundo	1982	Semi-Final	1x1	Copa América	1993	Semi-Final	0x0
Eurocopa	2012	Final	4x0	Copa das Confederações	2009	Final	3x2
Eurocopa	2012	Semi-Final	0x0	Copa das Confederações	2009	Terceiro Lugar	3x2
Eurocopa	2012	Semi-Final	2x1	Copa das Confederações	2009	Semi-Final	1x0
Eurocopa	2008	Final	1x0	Copa das Confederações	2009	Semi-Final	2x0
Eurocopa	2008	Semi-Final	3x2	Copa das Confederações	2005	Final	4x1
Eurocopa	2008	Semi-Final	3x0	Copa das Confederações	2005	Terceiro Lugar	4x3
Eurocopa	2004	Final	1x0	Copa das Confederações	2005	Semi-Final	3x2
Eurocopa	2004	Semi-Final	1x0	Copa das Confederações	2005	Semi-Final	1x1
Eurocopa	2004	Semi-Final	2x1	Copa das Confederações	2003	Final	1x0
Eurocopa	2000	Final	2x1	Copa das Confederações	2003	Terceiro Lugar	2x1
Eurocopa	2000	Semi-Final	2x1	Copa das Confederações	2003	Semi-Final	1x0
Eurocopa	2000	Semi-Final	0x0	Copa das Confederações	2003	Semi-Final	3x2
Eurocopa	1996	Final	2x1	Copa das Confederações	2001	Final	1x0
Eurocopa	1996	Semi-Final	0x0	Copa das Confederações	2001	Terceiro Lugar	1x0
Eurocopa	1996	Semi-Final	1x1	Copa das Confederações	2001	Semi-Final	1x0
Eurocopa	1992	Final	2x0	Copa das Confederações	2001	Semi-Final	2x1
Eurocopa	1992	Semi-Final	3x2	Copa das Confederações	1999	Final	4x3
Eurocopa	1992	Semi-Final	2x2	Copa das Confederações	1999	Terceiro Lugar	2x0
Eurocopa	1988	Final	2x0	Copa das Confederações	1999	Semi-Final	1x0
Eurocopa	1988	Semi-Final	2x0	Copa das Confederações	1999	Semi-Final	8x2
Eurocopa	1988	Semi-Final	2x1	Copa das Confederações	1997	Final	6x0
Eurocopa	1984	Final	2x0	Copa das Confederações	1997	Terceiro Lugar	1x0
Eurocopa	1984	Semi-Final	3x2	Copa das Confederações	1997	Semi-Final	2x0
Eurocopa	1984	Semi-Final	1x1	Copa das Confederações	1997	Semi-Final	1x0

Tabela 3: Tabela de Resultados

Fonte: Wikipedia

APÊNDICE B: CÓDIGO VBA

OptionExplicit

PublicConstDados_Linha_Primeira As Integer = 2

PublicConstDados_Coluna_Resultados As Integer = 1

PublicConstDados_Coluna_Frequencia As Integer = 2

PublicConstDados_Coluna_Prob As Integer = 3

PublicConstDados_Coluna_ProbAcum As Integer = 4

PublicConstDados_Coluna_SimJogadores As Integer = 5

PublicConstDados_Coluna_Repeticoes As Integer = 7

PublicConstDados_Coluna_Jogadores As Integer = 8

PublicConstDados_Coluna_Aposta As Integer = 9

PublicConstResultados_Linha_Primeira As Integer = 3

Sub Simular()

Dim Aposta As Double

Dim I As Double

Dim j As Double

Dim linha As Double

Dimlinha_jogador As Double

Dimlinha_repeticao As Double

Dimlinha_resultado As Double

Dim N As Double

Dim resultado As Double

Dim teste As Integer

Application.ScreenUpdating = False

For N = 2 To 200

Dados.Cells(Dados_Linha_Primeira, Dados_Coluna_Jogadores) = N

linha_repeticao = Resultados_Linha_Primeira

'Número de repetições em cada simulação

For i = 1 To Dados.Cells(Dados_Linha_Primeira, Dados_Coluna_Repeticoes)

'Limpa os dados dos jogadores

Range(Dados.Cells(Dados_Linha_Primeira, Dados_Coluna_SimJogadores),

Dados.Cells(Dados_Linha_Primeira + 100,

Dados_Coluna_SimJogadores)).ClearContents

'Distribui jogadores entre os resultados

For j = 1 To Dados.Cells(Dados_Linha_Primeira, Dados_Coluna_Jogadores) - 1

'Seta o valor da aposta e insere o jogador no resultado respectivo

Aposta = Rnd

teste = 0

linha = Dados_Linha_Primeira

Do Until teste = 1

If Aposta <= Dados.Cells(linha, Dados_Coluna_ProbAcum) Then

Dados.Cells(linha, Dados_Coluna_SimJogadores) = Dados.Cells(linha,

Dados_Coluna_SimJogadores) + 1

teste = 1

End If

linha = linha + 1

```

        Loop
Next

        'Aloca o jogador final a um resultado

        Aposta = Rnd

teste = 0

linha = Dados_Linha_Primeira

        Do Until teste = 1

If Aposta <= Dados.Cells(linha, Dados_Coluna_ProbAcum) Then

Dados.Cells(linha, Dados_Coluna_SimJogadores) = Dados.Cells(linha,
Dados_Coluna_SimJogadores) + 1

teste = 1

linha_jogador = linha

EndIf

linha = linha + 1

        Loop

        'Decide o resultado da partida

        Aposta = Rnd

teste = 0

linha = Dados_Linha_Primeira

        Do Until teste = 1

If Aposta <= Dados.Cells(linha, Dados_Coluna_ProbAcum) Then

teste = 1

linha_resultado = linha

EndIf

```

linha = linha + 1

Loop

'Se resultado não tiver apostadores, resultado é igual ao valor da aposta

IfDados.Cells(linha_resultado, Dados_Coluna_SimJogadores) = "" Then

'resultado = Dados.Cells(Dados_Linha_Primeira, Dados_Coluna_Aposta)

resultado = 0

'Se jogador não acertou resultado, prêmio é igual a zero

ElseIflinha_resultado<>linha_jogadorThen

resultado = 0

'Se jogador acertou resultado, prêmio é igual ao montante apostado dividido pelo número de vencedores

ElseIflinha_resultado = linha_jogadorThen

resultado = Dados.Cells(Dados_Linha_Primeira, Dados_Coluna_Aposta) *

Dados.Cells(Dados_Linha_Primeira, Dados_Coluna_Jogadores) /

Dados.Cells(linha_resultado, Dados_Coluna_SimJogadores)

EndIf

'Insere resultado final na aba "Resultados"

Resultados.Cells(linha_repeticao, Dados.Cells(Dados_Linha_Primeira,

Dados_Coluna_Jogadores)) = resultado

linha_repeticao = linha_repeticao + 1

Next

```
Resultados.Cells(Resultados_Linha_Primeira - 1, Dados.Cells(Dados_Linha_Primeira,
Dados_Coluna_Jogadores)) =
WorksheetFunction.Average(Range(Resultados.Cells(Resultados_Linha_Primeira,
Dados.Cells(Dados_Linha_Primeira, Dados_Coluna_Jogadores)),
Resultados.Cells(Resultados_Linha_Primeira + Dados.Cells(Dados_Linha_Primeira,
Dados_Coluna_Repeticoes) - 1, Dados.Cells(Dados_Linha_Primeira,
Dados_Coluna_Jogadores))))
```

```
Next
```

```
MsgBox "Fim"
```

```
Application.ScreenUpdating = True
```

```
End Sub
```

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Resultados	Frequência	Probabilidade	Prob Acum	Jogadores		Repetições	Jogadores	Valor Aposta
2	0x1	11,5	10,27%	10,27%	18		100.000	175	5
3	1x0	11,5	10,27%	20,54%	19				
4	1x1	11	9,82%	30,36%	16				
5	0x2	8,5	7,59%	37,95%	16				
6	2x0	8,5	7,59%	45,54%	10				
7	1x2	8	7,14%	52,68%	6				
8	2x1	8	7,14%	59,82%	12				
9	0x0	6	5,36%	65,18%	11				
10	2x3	6	5,36%	70,54%	12				
11	3x2	6	5,36%	75,89%	13				
12	2x2	4	3,57%	79,46%	9				
13	0x3	3,5	3,13%	82,59%	3				
14	3x0	3,5	3,13%	85,71%	5				
15	1x3	2,5	2,23%	87,95%	5				
16	3x1	2,5	2,23%	90,18%	2				
17	1x4	1,5	1,34%	91,52%	2				
18	4x1	1,5	1,34%	92,86%	2				
19	0x4	1	0,89%	93,75%	1				
20	3x4	1	0,89%	94,64%	2				
21	4x0	1	0,89%	95,54%	1				
22	4x3	1	0,89%	96,43%	3				
23	0x6	0,5	0,45%	96,88%	2				
24	0x7	0,5	0,45%	97,32%					
25	2x4	0,5	0,45%	97,77%	2				
26	2x8	0,5	0,45%	98,21%					
27	4x2	0,5	0,45%	98,66%					
28	6x0	0,5	0,45%	99,11%	1				
29	7x0	0,5	0,45%	99,55%					
30	8x2	0,5	0,45%	100,00%	2				
31	TOTAL	112	100,00%						

Simular

Figura 25: Aba Dados

Fonte: Os autores

1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Jogadores	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2	Média	0,63595	0,915575	1,17645	1,43275	1,62982	1,857129	2,015293	2,219303	2,352088	2,496354	2,645686
3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	2	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0
5	3	0	0	0	0	0	17,5	0	0	0	0	0
6	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15
7	5	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	8	0	0	0	25	0	0	0	0	50	0	0
11	9	0	0	0	0	0	0	0	0	25	0	0
12	10	0	0	0	0	30	0	0	0	0	0	0
13	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	12	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0
15	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	14	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	16	0	0	0	0	0	0	0	0	50	0	20
19	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	18	0	0	0	0	0	0	0	0	50	0	0
21	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	20	0	0	0	0	0	0	0	0	25	0	0
23	21	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0
24	22	0	0	0	0	0	17,5	0	0	0	0	0
25	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	24	0	0	0	0	0	35	0	0	0	0	0
27	25	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 26: Aba Resultados

Fonte: Os autores