

ANÁLISE SISTÊMICA DO CICLO DO CAFÉ NA REPÚBLICA VELHA

Thiago Caliari

Doutorando em Economia – UFMG

tcaliari@cedeplar.ufmg.br

Newton Paulo Bueno

Professor Adjunto – UFV

npbueno@ufv.br

RESUMO

Pelo menos até a década de 30 do século XX o Brasil dependia predominantemente do café para a manutenção da renda nacional, visto que o mesmo foi o principal produto da pauta de exportações. Muito por isso o governo brasileiro buscou através de políticas de valorização – via queimas de estoque – a manutenção dos preços do produto. A historiografia tradicional algumas vezes remete a essas políticas o ônus das superproduções de café existentes no período, principalmente à de 1930. Através de modelagem sistêmica propomos no artigo um modelo para a oferta de café, analisando principalmente os fatores endógenos à produção, como forma de contestar essa hipótese. Como resultado, encontramos que os *delays* no processo produtivo explicam muito mais a superprodução da *commoditie* do que as tais políticas do governo.

Palavras-Chave: história econômica, República Velha, commodities, políticas de valorização, modelos sistêmicos.

ABSTRACT

At least until the 30's of the twentieth century, the Brazil depended mainly on coffee for the maintenance of national income, since it was the main product of the staff of exports. That explains why the Brazilian government sought through political recovery – by stocks burn - to maintain the prices of the product. The traditional historiography sometimes forward to these policies the burden of super productions in the period, mainly to the 1930. Through modeling systemic propose a model in the article for the supply of coffee, mainly analyzing the factors inherent to the production as a way to challenge this hypothesis. As a result, we found that the delays in the production process much more to explain the overproduction of commodity that such policies of the government.

Key-Words: economic history, República Velha, commodities, recovery politics, systemic models.

Área: 2. História Econômica e Economia Brasileira

Sub-área: 2.1. História Econômica e Social Brasileira

ARTIGO SUBMETIDO À SESSÃO ORDINÁRIA

1. Introdução

O café começou a ser cultivado em larga escala em território brasileiro no começo do século XIX, em parte devido ao aumento da demanda mundial. A partir de então, sua importância na economia nacional cresceu em larga escala, assumindo anos depois a posição de principal produto na pauta de exportações brasileira e principal mantenedor do produto interno bruto nacional.

Como tal, torna-se clara a necessidade de manutenção da renda no setor, e as políticas de valorização praticadas pelo governo durante o período da República Velha tinham justamente esse objetivo. Vilela e Suzigan (1973) atribuem a essas políticas as superproduções posteriores verificadas no mercado, principalmente a ocorrida durante a Grande Depressão.

O intuito desse trabalho será mostrar que mesmo com a não existência dessas políticas do governo o mercado cafeeiro seria acometido de processos de superprodução. Entendendo que se trata de uma *commoditie* agrária, onde os *delays* existentes entre o plantio dos cafezais e sua produção propriamente dita pode gerar grandes oscilações de oferta, pretendemos fornecer explicações relevantes sobre o processo.

Utilizamos para tal a técnica de dinâmica de sistemas, pouco conhecida ainda no Brasil, que procura internalizar em um processo dinâmico toda a situação do mercado, diminuindo consideravelmente as circunstâncias dadas. Através de um modelo denominado “jogo da cerveja”, desenvolvido pela *Sloan School of Management* do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), sugerimos uma situação que retrate o processo de oferta de café no período considerado.

Encontramos como resultado uma dinâmica bem próxima para o estoque e o preço do produto no período, mostrando que o modelo se adequa bem à realidade. Comprovada a adequação do mesmo, analisamos o mercado para uma situação hipotética onde não existisse as políticas de valorização, ou seja, não existisse choques de demanda pontuais. Os resultados corroboram nossa hipótese, mostrando que mesmo assim existiria superprodução.

O artigo está dividido em sete seções, a contar dessa introdução. Na seção dois apresentamos um referencial teórico, com o surgimento do café no Brasil, o ciclo da oferta e as políticas de valorização. Na seção três explanamos sobre a metodologia de dinâmica de sistemas, mostrando ainda o modelo de simulação básica do “jogo da cerveja”. Na seção quatro apresentamos o modelo do mercado cafeeiro, seus resultados e discussões. Na cinco, concluímos o artigo, apresentando ainda na seção seis e sete, respectivamente, a bibliografia e os anexos.

2. Referencial Teórico

2.1. O Crescimento da Demanda Mundial e da Oferta de Café no Brasil

Até pelo menos a década de 30 do século XX o Brasil dependia predominantemente da exportação de produtos agrícolas (*commodities*) para a determinação e manutenção da renda nacional. Especificamente o café, desde o final do século XIX, despontava como o principal produto dessa pauta de exportações.

O aumento do cultivo da cultura cafeeira em solo brasileiro aconteceu a partir de 1820, devido ao crescimento elevado da demanda durante o século. Tomando-se o comportamento a longo prazo da produção, Ocampo (1984) estima que a demanda mundial deva ter crescido a uma taxa de 2,7% por ano no período de 1830 a 1900, uma taxa mais alta do que o crescimento do PIB nos países desenvolvidos, o qual se estima haver sido de 2,1% por ano no mesmo período (Bairoch, 1981). O mercado que se mostrou mais dinâmico foi o dos EUA, que no começo do século respondiam a não mais que 10% da demanda mundial, alcançando 40% do total a partir da década de 1880.

O aumento da demanda requeria um aumento igualmente rápido nas áreas produtivas, mas essas eram todas regiões tropicais de países subdesenvolvidos. Dessa forma, tal crescimento desequilibrou o mercado internacional, o que provocou uma tendência crescente nos preços do produto (Bacha, 1992a).

O primeiro grande desajuste ocorreu em 1791, com a revolução Haitiana. Ocampo (1984) afirma que as primeiras regiões a responderem a tal desequilíbrio foram as colônias européias das Antilhas e Guianas, onde a produção ainda era incipiente. No entanto, a partir de 1820, a extensão do cultivo deu-se em terras brasileiras¹. Esse aumento da produção no Brasil e em outros países em menor escala provocou um declínio nos preços a partir de meados de 1820, que se aplainou apenas na década de 1840. A partir de então, o movimento dos preços foi ascendente, alcançando picos no início da década de 1890.

O Brasil apresentou uma maior taxa de crescimento da produção no final da década de 1810. Só que no fim da década de 1840, esse crescimento acelerado praticamente terminou, sendo lento nas próximas três décadas. Os principais problemas no período foram a falta de transporte e mão-de-obra. A produção brasileira desenvolveu-se sobre a base do trabalho

¹ As exportações brasileiras já eram significativas em 1810, mas o cultivo em larga escala manifestou-se apenas nas três décadas seguintes. Já no começo da década de 1830, o Brasil figurava como principal produtor, com cerca de 650 mil sacas, 26% do total mundial, seguido por Cuba, Java e Haiti.

escravo, e com o fim do comércio na década de 1850, os cafeicultores encontraram um impedimento para a expansão de produção, agravado pela exaustão das boas terras perto do porto do Rio de Janeiro. A expansão da cafeicultura ocorrida a partir do fim da década de 1870 só se tornou possível quando as ferrovias cortaram o planalto paulista, além da maciça importação de imigrantes europeus (Bacha, 1992a).

Essa imigração ocorreu pela alta dos preços de café na época, pois pragas atingiram o produto nas plantações do Ceilão, Sumatra e Java. Concomitantemente ao aumento da produção brasileira, a alta dos preços induziu a extensão do cultivo a outras regiões produtoras nas Américas. Gerou-se um desequilíbrio no mercado, com superproduções mundiais, que forçaram para baixo os preços entre 1896 e 1902.

Comparando os valores médios correspondentes aos anos noventa com os relativos aos decênios de quarenta (séc. XIX), observa-se que o *quantum* das exportações brasileiras aumentou 214% (Bacha, 1992a). Já no começo do século XX, a produção brasileira correspondia a 75% da produção mundial de café, o que tornava o país cada vez mais dependente da manutenção do preço internacional para não perder a receita e, consequentemente, o lucro dos cafeicultores e exportadores.

2.2. O ciclo da oferta de café

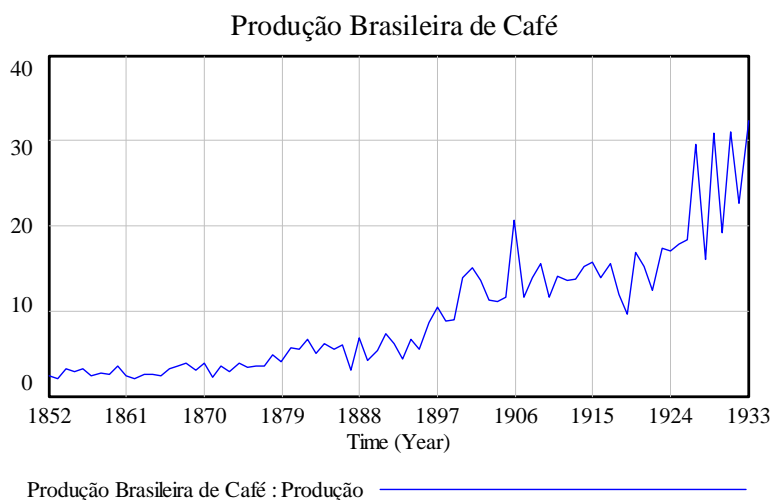
O café é uma cultura permanente, na qual, no início do século, cerca de 75% dos custos totais eram fixos e apenas 25% eram variáveis, isto é, dependiam do tamanho da colheita (Bacha, 1992b). Essa importância dos custos fixos aliada ao fato de que o pé de café só conseguia começar a produzir após quatro anos plantado, atingindo a máxima capacidade de produção nove anos depois, mostra que, após uma significativa expansão da demanda, seguir-se-ia um bom tempo até que a produção pudesse suprir esse aumento.

Ou seja, os preços continuariam elevados por um grande período antes da reação da oferta. E, ao reagir, a tendência era de uma superprodução, pois na ausência de sinais negativos no preço as plantações se desenvolviam. Dessa forma, um período de escassez na oferta era seguido por um período de superprodução.

Além disso, a produção brasileira esteve sempre caracterizada por amplas variações de ano para ano. Como dito por Rowe (1936), citado em Bacha (1992b), suponha que o tempo seja muito bom e que em consequência se obtenha uma colheita excepcional. A gestação dessa colheita exaure fortemente o cafeeiro, e mesmo que o bom tempo continue a próxima colheita será muito abaixo do normal. Essa pequena colheita faz descansar o cafeeiro, mas normalmente ele não estará em condição de gerar uma colheita excepcional novamente por

alguns anos. Havia assim um ciclo normal, particularmente em São Paulo, de que uma colheita excepcional era seguida por duas ou três pequenas colheitas. Essa afirmação pode ser vista na figura 1.

Figura 1: Produção brasileira de café (milhões de sacas)



Fonte: Adaptado BACHA (1992b)

Esse ciclo tornava-se prejudicial à manutenção de lucros, pois a demanda de café é altamente inelástica em relação ao preço. O governo e os cafeicultores entendiam que era essencial um mecanismo que procurasse diminuir esses ciclos.

2.3. As políticas de valorização do café

Já no início do século XX pode-se destacar a grande importância das casas exportadoras, predominantemente as estrangeiras, no comércio do café, visto que respondiam por aproximadamente 70% do volume negociado. Essa estratégia de verticalização permitia aumentar a margem de lucro, pois, nas safras pequenas, onde os preços se elevavam, procuravam vender seus estoques, recompondo-os em períodos de grandes safras, onde os preços decaíam. Esse mecanismo, além de beneficiar o exportador, mantinha uma razoável estabilidade no mercado cafeeiro, enquanto as disparidades entre demanda e oferta não fossem abruptamente grandes (Bueno, 2004).

Na safra de 1906/07, porém, essa disparidade revelou-se enorme. As previsões eram de uma safra de 20 milhões de sacas para uma demanda e estoque de 16 e 10 milhões, respectivamente. Era esperada, com isso, uma queda nos preços do café de mais de 100%.

Com a crise, a intervenção do governo já era esperada, e aconteceu no chamado Convênio de Taubaté, em 1906. A operação valorizadora era justificada teoricamente com

base em duas hipóteses sobre as condições da procura e da oferta do café. A primeira era que a demanda pelo produto era relativamente inelástica, o que aumentaria as receitas de exportação se o plano funcionasse, ou seja, se os preços pudessem ser sustentados acima do nível que vigoraria em condições de mercado livre.

A segunda hipótese é que, por características próprias do ciclo produtivo do café, grandes safras seriam inevitavelmente seguidas por duas ou três pequenas colheitas (Bacha, 1992b), o que permitiria vender os excedentes acumulados durante o período da ação valorizadora. Ambas as hipóteses, na ânsia de beneficiar os produtores nacionais, requeriam reduzir a dependência dos exportadores para comercializar o produto².

Porém, a elevada especificidade de ativos dedicados dos produtores de café tornava-os presa fácil dos compradores, pois não havia como arcar com os custos de estocagem do café e nem meios alternativos de escoar o produto. Assim, pode-se considerar que a primeira operação valorizadora (assim como as demais) foi uma tentativa de reduzir esse grau de especificidade, de modo a aumentar seu poder de fixar preços frente aos exportadores.

Os resultados da primeira operação valorizadora começaram a aparecer em 1909 e os preços do café se mantiveram em alta até 1912. Em 1917, uma nova grande safra ocorreu simultaneamente ao declínio da demanda provocado pela Primeira Guerra Mundial, mas o sucesso da primeira operação valorizadora fez com que, desta vez, a União agisse rápido, concedendo um grande empréstimo ao Estado de São Paulo para a aquisição de café. Sobre esse empréstimo não incidiam juros, mas o governo do Estado obrigava-se a dividir com a União os eventuais lucros da operação (Fausto, 1989). Os resultados foram extremamente favoráveis porque, além da aquisição dos estoques excedentes, ocorreram fortes geadas em meados de 1918 e o comércio internacional se restabeleceu com o fim da guerra. Como na primeira valorização, entretanto, os principais beneficiários da elevação de preços do café a partir de meados de 1919 não foram os produtores, mas o governo de São Paulo e a União (Fausto, 1989).

Na terceira valorização iniciada em 1921, a resposta do governo federal à queda de preços ocorrida em 1920 foi ainda mais rápida: sem maiores discussões, a recém-criada Carteira de Redesconto, responsável pelas políticas de valorização, emitiu o dinheiro necessário e 4,5 milhões de sacas de café foram adquiridas (Bacha, 1992b). Os preços recuperaram-se ainda em 1921 e mantiveram-se em níveis elevados até 1923. A reação à nova

² Como mencionado acima, o poder financeiro das casas exportadoras frente aos produtores desorganizados fazia com que a demanda de curto prazo fosse de fato bastante elástica, pois os exportadores geralmente

grande safra de 1923/1924, a quarta valorização, foi quase automática, mas de natureza diferente das anteriores, visto que a partir de então o governo federal assumia o compromisso de defesa permanente do café.

Segundo Vilella & Suzigan (1973) as políticas de valorização do café foram as principais responsáveis pela superprodução verificada no período da Grande Depressão (1929-1933). Entende-se, através desse trabalho, que se não houvesse existido tais políticas o mercado de café não sofreria esse excesso de oferta no período citado acima e em nenhum outro período. Contrastando esta visão, procuraremos neste trabalho mostrar que essa superprodução é um processo inerente aos ciclos de *commodities* agrárias.

A hipótese principal é que sendo o café uma cultura permanente com altos custos fixos e, principalmente, com *delays* (atrasos) entre o aumento da capacidade e a produção propriamente dita, o estudo da oferta como determinante da dinâmica do mercado fornece *insights* mais relevantes que a variação na demanda. O café teria, portanto, uma dinâmica predominantemente endógena.

3. Metodologia

3.1. A dinâmica de sistemas como referência para modelagem de mercados de *commodities*

Muitas *commodities* experimentam ciclos em preços e produção com características próximas em períodos, amplitudes e fases. Indústrias com longos *delays* no processo produtivo e longos ciclos de vida como construtoras de navios, indústria de papel e química igualmente exibem fortes dinâmicas cíclicas, até mesmo alguns setores de serviços, como o de seguros, exibem características oscilatórias em preço, rentabilidade e investimento (Stermann, 2000b).

A diversidade desses ciclos sugere que eles surgem de processos endógenos, inerentes a cada indústria. Nesses mercados, as estruturas de *feedback* negativo através da qual o preço busca equilibrar demanda e oferta frequentemente envolvem longos *delays*, produzindo oscilações.

Tal instabilidade custa caro, pois prejudica a indústria e seus revendedores. Como um resultado disso, países e agências internacionais têm investido milhões de dólares em vários esquemas de estabilização. A necessidade é clara, visto que 90% do comércio internacional de

recompunham seus estoques nos períodos de grandes safras e os utilizava para realizar lucros nos períodos de pequenas safras, sem repassá-los aos produtores.

países subdesenvolvidos advêm das *commodities*. Nenhuma dessas políticas, porém, conseguiu sucesso total em suas tentativas (Goodman, 1989).

Uma explicação comum sobre porque a dinâmica de *commodities* é oscilatória é que sua demanda é cíclica. A afirmação é verdadeira, visto que quase todas as economias sofrem de oscilações no crescimento econômico, e esses movimentos induzem alguma flutuação correspondente nos mercados de *commodities*. Mas alguns desses mercados flutuam mais do que a economia como um todo, exibindo ciclos com diferentes períodos, sendo que às vezes tais ciclos não acompanham o ciclo de crescimento econômico. Isso sugere que a estrutura de *feedbacks* endógena à *commodity* é a maior responsável pela oscilação.

A dinâmica de sistemas fornece ferramentas para compreender melhor problemas difíceis de serem entendidos isoladamente, como é o caso do ciclo de oferta dessas *commodities*. Os métodos, usados há mais de trinta anos, foram desenvolvidos pelo pesquisador do *Massachusetts Institute of Technology (MIT)*, Jay Forrester, nos anos 60, em uma série de estudos clássicos sobre economia regional. Porém, tais técnicas requerem uma troca no modo como se pensa sobre o desempenho de determinadas situações. Em particular, eles requerem que se deixe de observar eventos isolados e suas causas e comece-se a assumir o sistema como um conjunto de partes interagindo continuamente entre si. Assim, pode-se supor que sua estrutura interna é freqüentemente mais importante que eventos externos gerando o problema (Christofolletti, 2002).

O instrumental da dinâmica de sistemas permite construir e simular modelos em que os sistemas podem apresentar mudança de fase, seja em resposta a choques exógenos, seja em razão de processos endógenos. A adoção da abordagem permite, em essência, reduzir o conjunto de circunstâncias que se consideram dadas na análise não-sistêmica. Um sistema resume um conjunto de interações, especificado por equações, entre agentes ou elementos operando sob restrições.

Alterações nessas restrições, que são os parâmetros das equações, ou choques exógenos, que são os *inputs*, provocam reações em cadeia por todo o sistema. Essas reações são de dois tipos: *loops* de reforço (ou *loops de feedback* positivo) e *loops* de equilíbrio (ou *loops de feedback* negativo). A associação desses *loops* pode gerar três tipos básicos de comportamento: crescimento exponencial, tendência à meta e oscilação³.

O crescimento exponencial é gerado por um padrão de *feedback* positivo, que gera processos cumulativos. A variação líquida do sistema é proporcional ao estado vigente,

³ Para informações mais detalhadas e exemplos de como funcionam os padrões de comportamento, sugerimos a leitura de Sterman (2000a).

reforçando a tendência inicial. O caso de tendência à meta, ao contrário do crescimento exponencial, é fruto de processos auto-ajustáveis (*feedbacks* negativos). Esses *feedbacks* agem levando o estado do sistema a uma meta ou nível desejado. Eles inibem qualquer perturbação que venha querer mover o modelo do seu nível desejado.

Oscilação é o terceiro modo de comportamento fundamental observado na dinâmica de sistemas. Assim como o comportamento de tendência à meta, as oscilações são causadas por *loops* de *feedback* negativo. O estado do sistema é comparado com a meta, e ações corretivas são utilizadas para eliminar as discrepâncias. Porém, no padrão oscilatório, o estado do sistema estará constantemente oscilando em torno da meta ou estado de equilíbrio. Isto acontece pela presença de significantes *delays* de tempo no *loop* negativo. Os *delays* provocam ações corretivas que continuam a agir até mesmo após o estado do sistema alcançar a meta, forçando o sistema a ajustar-se mais que o necessário, ativando logo após uma correção nova na direção oposta.

As oscilações estão entre os mais comuns modelos de comportamento na dinâmica de sistemas. Existem vários tipos de modelo de oscilações, incluindo *damped oscillation* (oscilação amortecida), *limit cycles* (ciclos limite), e *chaos* (dinâmica caótica) (Stermán, 2000a). Cada uma dessas variantes é causada por uma estrutura de *feedback* particular e uma série de parâmetros determinando o tamanho dos *loops* e a dimensão dos *delays*. Porém todo tipo de oscilação tem em sua dinâmica um *loop* de *feedback* negativo com *delays*.

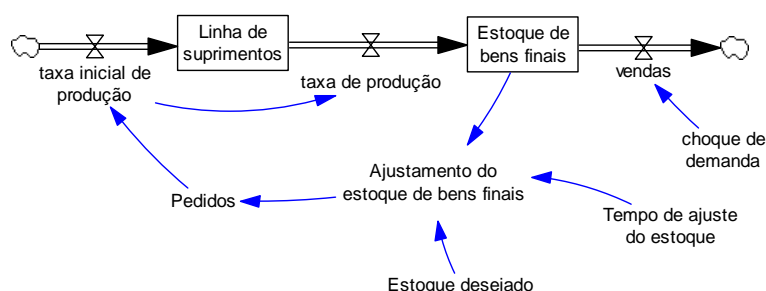
Estes três padrões básicos de comportamento – crescimento exponencial, tendência à meta, e oscilações – são causados por três estruturas básicas de *feedback*: positivos, negativos e negativos com *delay*. Alguns padrões de comportamento mais complexos surgem através de interações não lineares dessas estruturas. Porém, não se mostra relevante apresentá-los neste trabalho⁴.

3.2. O modelo de simulação básico do “jogo da cerveja”

O modelo foi desenvolvido pela *Sloan School of Management* do MIT e nos fornece uma dinâmica com padrão de comportamento oscilatório. Ele procura explicar como uma pequena variação na demanda pode causar uma grande instabilidade na cadeia de produção por meio dos *delays* envolvidos no processo. Apresentamos agora em uma forma simplificada, com algumas pequenas modificações para torná-lo apropriado ao problema que se está modelando.

⁴ Para um aprofundamento no estudo de tais modelos, sugerimos a leitura de STERMAN (2000a).

Figura 2: Dinâmica do “jogo da cerveja”

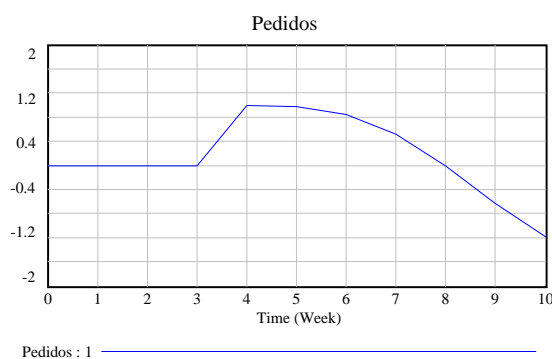


Fonte: Modelo adaptado (VENSIM)

As variáveis representadas por um retângulo são variáveis de nível, acumulando as variações nas variáveis auxiliares; por exemplo, o estoque da cervejaria aumenta com a produção de cerveja e diminui com as caixas de cerveja enviadas ao atacadista⁵. O objetivo do modelo é mostrar que choques de demanda podem levar a flutuações acentuadas nos estoques e no nível de utilização da capacidade e da lucratividade nas indústrias encadeadas a jusante da linha de suprimentos. Isso por causa do *delay* existente entre a entrada do pedido na linha de produção e a sua produção propriamente dita – a variável *taxa de produção*. Mostra-se abaixo um exemplo para entender como isso ocorre.

Suponha que após um período de vendas normais, as vendas dos varejistas aumentem em uma caixa na terceira semana da simulação - diminuindo o estoque de produtos finais dos varejistas - mas volte ao nível anterior na quarta semana. Se os varejistas demoram uma semana para verificar este fato e ajustar seus pedidos, eles aumentam em uma unidade acima do nível normal no período quatro (normalizado em zero). A produção dessas caixas adicionais se inicia neste período, mas a produção final só começará a aumentar depois de três períodos, isto é, na sétima semana (figuras 3 e 4).

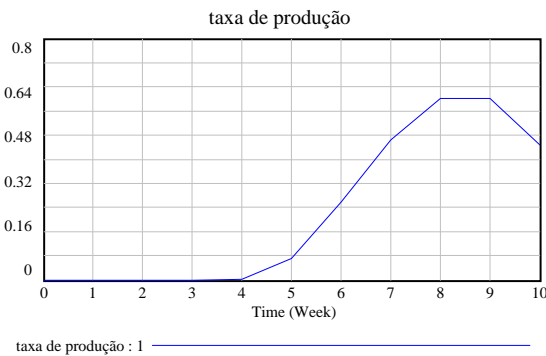
Figura 3: Pedidos feitos pelos varejistas (simulação do jogo da cerveja)



Fonte: Modelo adaptado (VENSIM)

⁵ As fórmulas do modelo são apresentadas no anexo do artigo.

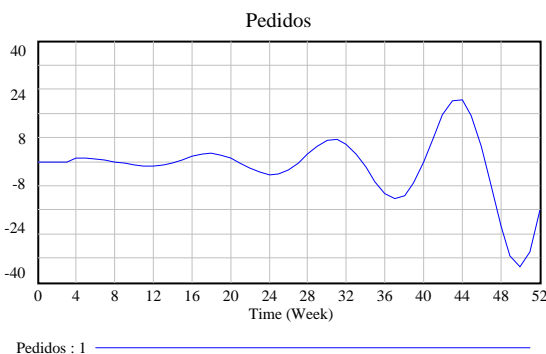
Figura 4: Taxa de produção de cerveja (simulação do jogo da cerveja)



Fonte: Modelo adaptado (VENSIM)

Enquanto isso, o varejista percebe na quinta semana que seu pedido não foi atendido (demora três semanas para a produção começar a chegar). Assim, embora as vendas tenham voltado aos níveis normais, o estoque ainda continua abaixo do desejado. Se o varejista faz um novo pedido, uma nova unidade entra em produção na *linha de suprimentos*, mas estará disponível apenas na oitava semana. O resultado desse exemplo simples (e bastante artificial) é que quando as caixas de cerveja adicionais começarem a chegar ao vendedor final, a demanda já terá retornado ao nível original. Se tiverem condições, então, os varejistas cancelarão essas compras e, se não tiverem, reduzirão suas compras normais. Isto é, seus pedidos cairão abaixo de zero. Isto diminuirá o volume de produção que entra na linha de suprimentos, mas a produção final continua a aumentar e a sobrecarregar os estoques da cervejaria e do varejista por causa do *delay* da linha de suprimentos. Os pedidos de cerveja diminuem muito e farão com que a produção final caia (depois de certo tempo) muito abaixo do nível normal. Isto finalmente fará com que os estoques dos varejistas comecem a cair novamente, reiniciando o processo anterior. Trata-se em suma de um processo sujeito a *overshooting*, altamente instável, como mostrado na figura 5.

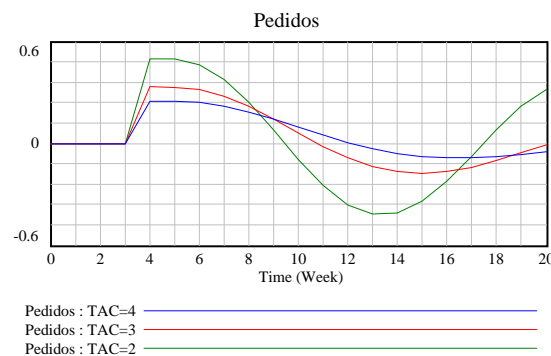
Figura 5: Pedidos feitos pelos varejistas (simulação do jogo da cerveja)



Fonte: Modelo adaptado (VENSIM)

O exemplo é artificial, porque não é lógico pensar que os varejistas não percebam a existência do *delay* da linha de suprimentos. Pode-se tornar o exemplo mais realista, se supor que os varejistas ajustam seus pedidos de uma forma mais informada. Por exemplo, ajustando seus pedidos em um tempo maior do que um período. A figura 16 mostra o que acontece se os varejistas dividirem seus novos pedidos por duas, três e quatro semanas (tempo de ajustamento do estoque = 2, 3 e 4). Isto é, ao invés de aumentarem seus pedidos em uma caixa quando as vendas aumentam em uma caixa, eles pedem meia ($1/2$), um terço ($1/3$) e um quarto ($1/4$) de caixa por semana para repor o estoque, respectivamente. O resultado é que o sistema torna-se bastante mais estável, o que nos leva a conclusão de que não é exatamente a extensão da linha de suprimentos que produz instabilidade, mas o descompasso entre esta e o ritmo que os varejistas reformulam seus pedidos.

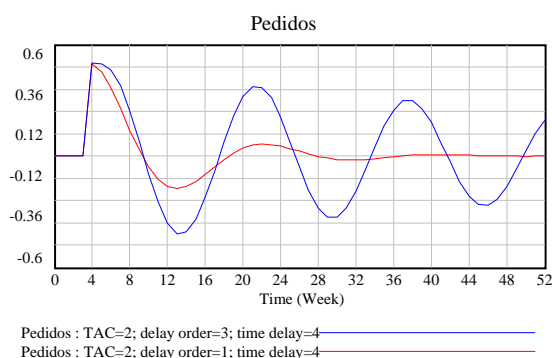
Figura 6: Comparação entre TAC (tempo de ajustamento do estoque)



Fonte: Modelo adaptado (VENSIM)

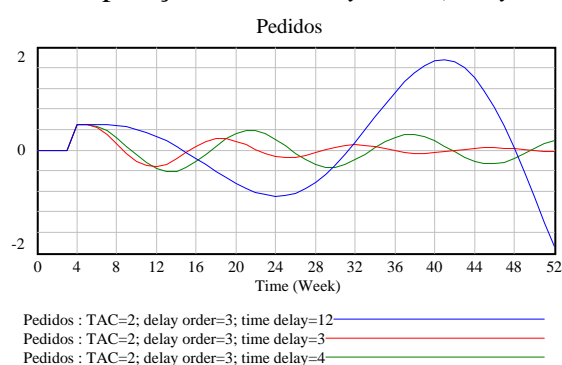
Mas observe que há dois tipos de *delays*. O primeiro refere-se à ordem do delay, isto é, ao tempo necessário para a produção começar a chegar ao vendedor final. O segundo tipo, que diz respeito ao tempo total para os pedidos feitos chegarem aos varejistas, é o que denominamos de *delay time*. As figuras 7 e 8 ilustram o efeito de variações nesses *delays* sobre a estabilidade do sistema.

Figura 7: Comparações entre *delay order* (*delay time* fixo)



Fonte: Modelo adaptado (VENSIM)

Figura 8: Comparações entre *delay time* (*delay order* fixo)

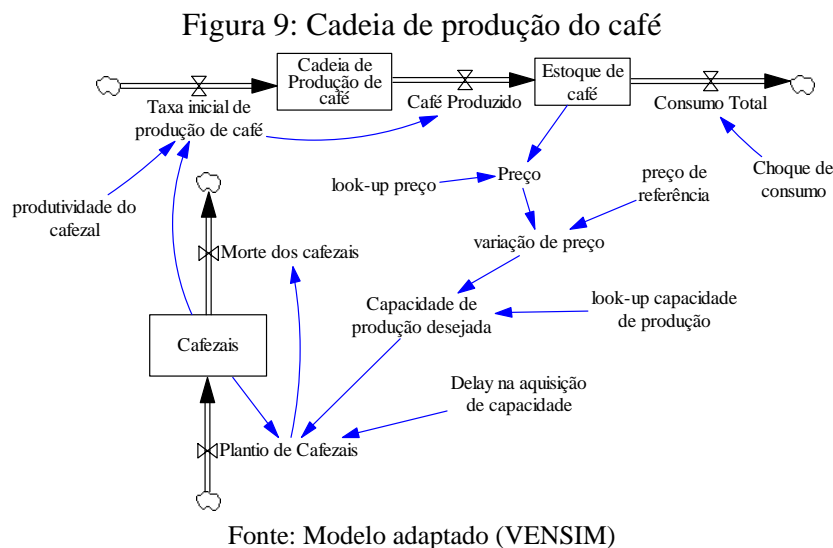


Fonte: Modelo adaptado (VENSIM)

Os dados sugerem que a redução da ordem do *delay* parece mais importante do que a redução do *delay* total. Ou seja, parece mais importante que a produção comece a reagir mais rapidamente às variações de demanda (ou melhor, que não haja muitos estágios na cadeia produtiva ou que não haja impedimentos físicos incontornáveis à expansão da produção) do que tais variações sejam atendidas totalmente no mais curto período possível. Isto tem implicações importantes para a dinâmica da produção nas cadeias produtivas do agronegócio, em que a natureza impõe *delays* impossíveis ou difíceis de serem reduzidos a curto prazo, como se verá à frente.

4. O modelo do café e seus resultados

Para explicar as oscilações produtivas na cadeia do café propusemos o modelo da figura 9, logo abaixo.



O modelo segue as especificações de produção de uma *commodity* agropecuária típica. A principal interação existente dá-se entre o preço e o estoque de café, sendo que o primeiro é definido pelo segundo numa relação inversa. Ou seja, em períodos de estoque elevado, o preço tende a cair, e em períodos onde o estoque se encontra num nível baixo, o preço irá aumentar. Com o preço definido para cada período, o próximo passo do modelo é a variável chamada *variação de preço*, que relaciona o preço do período com um preço de referência, qual seja, o preço médio da saca de café nos n períodos estudados.

Essa variável definirá a capacidade de produção desejada numa relação direta. Ou seja, se o preço do período t_0 for maior que o preço médio dos n períodos (Preço de referência), a variação de preços terá um valor maior que 1 (*um*) e trará um desejo ao produtor de aumentar sua capacidade de produção. Esse desejo refletirá num aumento do plantio de cafezais, sendo que o quantum aumentado será determinado pela diferença entre a capacidade desejada e o número de pés de café existente, considerando-se um *delay* para que esse aumento possa ser concretizado⁶.

A linha de suprimentos representada na vertical mostra o plantio e morte dos pés de café. A variável de nível (estoque) *Cafezais* acumula os valores dessa diferença, dando a

⁶ Essa afirmação parece um tanto quanto ingênua se presumirmos que os produtores tomam suas decisões com base em expectativas racionais. Mas, como estamos tratando de um período onde havia concorrência acirrada, e não aumentar a produção significaria uma perda de parcela do mercado, parece razoável supor que os agentes procurem absorver os aumentos de demanda elevando sua capacidade.

quantidade de pés de café existentes durante cada ano. De acordo com Bacha (1992b), no período estudado o tempo de vida médio de um pé de café era de 20 anos. Portanto, a partir do plantio o pé de café fica na variável *Cafezais* durante todo esse período, até ser retirado do modelo por intermédio da variável *Morte dos cafezais*⁷.

E, por fim, a linha de suprimentos horizontal representa o processo de produção propriamente dito. Através da *Taxa inicial de produção de café*, que é o número de pés de café multiplicado pela produtividade média do período, temos o começo do processo produtivo. O pé de café obedecia na época a uma relação técnica na qual produzia em capacidade máxima durante sete (7) anos, e após esse período cessava sua produção. Essa relação está explicitada na variável estocástica *Cadeia de produção de café*, pois tal acumula o café para produção durante o período descrito acima, culminando na produção de café durante cada ano, representada na variável *Café Produzido*. Após esses sete anos de intensa produção, o pé de café sai do processo. No fim da linha de suprimentos, temos a variável *Estoque*, que acumula a diferença entre o quantum consumido (*Consumo Total*) e produzido (*Café Produzido*).

O consumo total é definido por um valor inicial mais alguns choques. Este choque é dado de maneiras diferentes e em períodos diferentes, conforme dados da época (Bacha, 1992a). O primeiro choque vai de 1878 a 1886 e é um choque paulatino e suave (11,4% ao ano), que demonstra um crescimento da demanda internacional existente durante o período. Os outros dois são choques de demanda governamental dados no ano de 1906 e 1917, respectivamente. São exatamente os anos onde houve as duas primeiras políticas de valorização do café, e são de 60 (para 1906) e 15 (1907) milhões de sacas⁸.

Definido o funcionamento do modelo, podemos entender a endogeneidade existente na produção cafeeira. A inelasticidade na produção e o *delay* existente entre o plantio de café e o começo da colheita irão causar a instabilidade na oferta. O resultado do modelo no que tange ao estoque pode ser visto na figura 10.

7 Todas as fórmulas do modelo estão em arquivo anexo.

8 Não levou-se em consideração as outras duas políticas de valorização pois os resultados encontrados com o uso das mesmas são semelhantes.

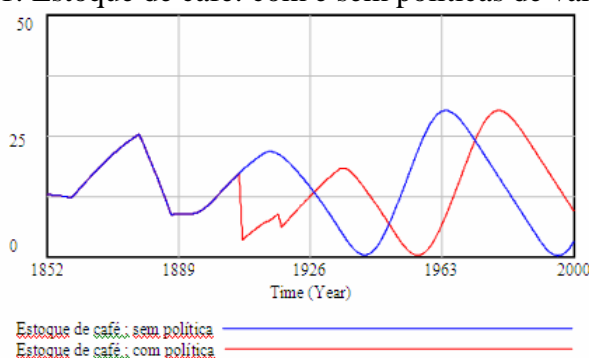
Figura 10: Estoque de café com políticas de valorização (1906/1917)



Fonte: Modelo adaptado (VENSIM)

Os choques na demanda representados no modelo diminuíram consideravelmente o estoque nos períodos imediatamente posteriores, mostrando eficácia, de acordo com as intenções do governo. Mas é necessário saber se eles mudaram o comportamento de longo prazo da dinâmica. Para tal, comparamos o estoque de café com e sem as políticas de valorização (no primeiro caso utiliza-se a variável de choque das políticas e no segundo, não). A comparação é vista na figura 11.

Figura 11: Estoque de café: com e sem políticas de valorização

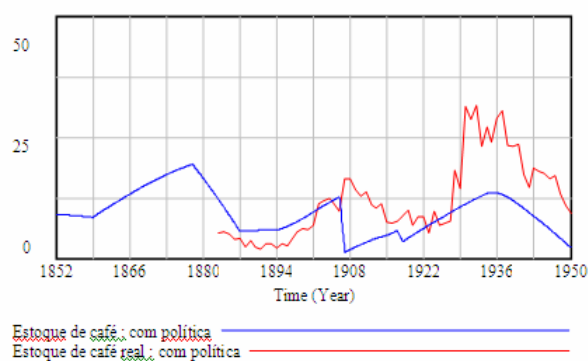


Fonte: Modelo adaptado (VENSIM)

É evidente que as políticas de valorização provocaram uma sensível queda no estoque no curto prazo, mas não mudaram a dinâmica do ciclo. Este resultado preliminar é de vital importância para o entendimento da endogeneidade do sistema cafeeiro. Ele mostra que, a longo prazo, as políticas de valorização impostas pelo governo não contribuíram para a mudança no estoque cafeeiro. Ou seja, mesmo que não houvesse intervenção no mercado durante os anos de 1906 e 1917 o café apresentaria um período de superprodução, mesmo que este não ocorresse durante a Grande Depressão. Isso comprova que o estoque depende mais de fatores intrínsecos, fatores que estão dentro do processo produtivo.

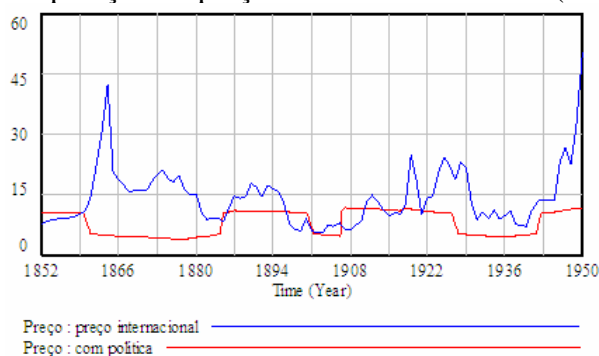
Todavia, para corroborar o resultado da simulação, apresentamos uma comparação do modelo proposto com as variáveis reais do período. Mostramos, portanto, uma análise comparativa entre duas das variáveis de maior importância no modelo, o estoque e o preço, nas figuras 12 e 13.

Figura 12: Comparação do estoque de café (real e simulado)



Fonte: Valores simulados: modelo adaptado (VENSIM); valores reais: Bacha (1992a)

Figura 13: Comparação do preço internacional do café (real e simulado)



Fonte: Valores simulados: modelo adaptado (VENSIM); valores reais: Bacha (1992a)

A dinâmica simulada em muito se assemelha ao processo real do mercado. Na série de estoque de café infelizmente os dados só estão disponíveis a partir de 1884. Mesmo assim, sem fazer julgamentos de valor, é possível notar que a dinâmica é consistente com a realidade. Os momentos de queda e aumento de produção condizem com a situação ocorrida durante o período da República Velha.

O mesmo vale para a série de preços. Fora o período inicial da análise, que vai aproximadamente até 1885, a série de preços segue a dinâmica de aumento e queda condizente com a estrutura real. Esses resultados corroboram a análise do mercado pelo nossa simulação, mostrando que o modelo é válido para explicar a dinâmica do ciclo cafeeiro.

5. Conclusões

O presente artigo teve por objetivo analisar a dinâmica do mercado cafeeiro durante o período da República Velha. Visto a grande importância do setor para a economia brasileira, não era raro a intervenção do governo via compra e posterior queima dos estoques, como forma de manter um certo equilíbrio de preço e conseqüente renda dos cafeicultores.

Porém, por mais que essas compras se materializassem em redução de estoque no curto prazo, o processo se repetia posteriormente, com uma superprodução no setor muitas vezes até maior que a ocorrida no período predecessor. O intuito do trabalho foi mostrar que esse processo é inerente ao mercado de *commodities* em geral, onde processos endógenos da dinâmica produtiva são muito mais importantes que choques exógenos na demanda.

Buscamos assim definir um modelo de simulação que, através da análise da dinâmica de sistemas, pudesse representar o processo produtivo do café. O modelo sugerido mostrou, através da interação reversa entre estoque e preço, que os *delays* existentes entre plantio e produção podem causar grandes oscilações no estoque de café, o que nos mostra que a produção cafeeira é predominantemente endógena. Ou seja, as políticas de valorização de café praticadas pelo governo não mudaram a dinâmica de produção. Elas apenas mudaram os anos onde ocorreria a superprodução.

Dado o caráter preliminar do modelo, alerta-se que essas conclusões devem ser vistas naturalmente com as devidas reservas, sujeitas que estão a verificações empíricas mais rigorosas. Ao se construir o modelo produtivo cafeeiro baseado na abordagem sistêmica, visou-se principalmente colocar em discussão uma metodologia aparentemente promissora, mas ainda pouco utilizada no Brasil. O principal objetivo do trabalho, em outras palavras, foi sugerir que o simples fato de contemplar as variáveis relevantes, relacionadas à endogeneidade produtiva, simultaneamente em um modelo – na forma sistêmica – gera *insights* sobre o quadro geral que dificilmente existiria se tentássemos fazê-lo de forma isolada.

6. Referências Bibliográficas

BACHA, E., GREENHILL, R., O século XIX. In: Marcellino Martins e E. Johnston Exportadores LTDA. (org.). **150 anos de café**. São Paulo: LIS, p.18-29, 1992a.

BACHA, E., GREENHILL, R., O ciclo do café. In: Marcellino Martins e E. Johnston Exportadores LTDA. (org.). **150 anos de café**. São Paulo: LIS, p.30-35, 1992b.

BAIROCH, P. "The main trends in national economic disparities since the industrial revolution" In: BAIROCH, P., LÉVY-LEBOYER, M. (org.), **"Disparities in economic development since the industrial revolution"**. Londres: Macmillan, 1981.

BATES, ROBERT. H., **"The political Economy of the world coffee trade"**. Princeton: University Press, 1997

BUENO, N.P. **A revolução de 1930: uma sugestão de interpretação baseada na Nova Economia Institucional**. Universidade Federal de Viçosa, UFV, 2004.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgar Blusher, 2002.

FAUSTO, B., Expansão do café e política cafeeira. In: FAUSTO, B. (org) **O Brasil republicano**. (Coleção: História Geral da Civilização Brasileira). Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil, 1989.

FORRESTER, J. **Industrial dynamics**. Cambridge: MIT Press, 1961.

MEADOWS, D. L. Commodity Production Cycle Model. In: GOODMAN, M. R. (org.), **"Study notes in system dynamics."** Cambridge: Pegasus, p.257-279, 1989.

OCAMPO, J. A. **Colômbia y la economia mundial, 1830-1910**. México: Siglo XXI, 1984.

ROWE, J. W. F. **"Markets and Men: A study of artificial control schemes in some primary commodities"**. Cambridge, RU: University Press, 1936.

SENGE, P. **A Quinta disciplina**. São Paulo: Abril Cultural, 1990.

STERMAN, J. D. Structure and Behavior of Dynamic Systems. In: STERMAN, J. D. (org.), **"Business dynamics – system thinking and modeling for a complex world."** Boston: McGraw-Hill, p.107-133, 2000a.

STERMAN, J. D. The invisible hand sometimes shake: Commodity cycles. In: STERMAN, J. D. (org.), **"Business dynamics – system thinking and modeling for a complex world."** Boston: McGraw-Hill, p.107-133, 2000b.

VILLELA, A. V., SUZIGAN, W. **Política do governo e crescimento da economia brasileira**. Rio de Janeiro: IPEA/INPES, 1973.

7. Anexos

Fórmulas para o modelo do “jogo da cerveja”

- Ajustamento do estoque de bens finais = (Estoque desejado-Estoque de bens finais) / Tempo de ajuste do estoque
- Choque de demanda = PULSE(3, 1)*1*0
- Estoque de bens finais = $(\int (taxa\ de\ producao)dt - \int (vendas)dt, 12)$
- Estoque desejado = 12
- Linha de suprimentos = $(\int (taxa\ inicial\ de\ producao)dt - \int (taxa\ de\ producao)dt, 12)$
- Pedidos = Ajustamento do estoque de bens finais
- Taxa de produção = DELAY3(taxa inicial de produção, 1)
- Taxa inicial de produção = Pedidos
- Tempo de ajuste do estoque = 2
- Vendas = 12 + choque de demanda

Fórmulas para o modelo do café

- Variação de preço = Preço/preço de referência
- Preço = "look-up preço"(Estoque de café)
- Preço de referência = 10.3
- Capacidade de produção desejada = "look-up capacidade de produção"(variação de preço)
- Café Produzido = DELAY FIXED (Taxa inicial de produção de café, 7, 4.5)
- Taxa inicial de produção de café = Cafezais*produtividade do cafezal
- Produtividade do cafezal = 0.11
- Cafezais = $(\int (Plantio\ de\ cafezais)dt - \int (morte\ dos\ cafezais)dt, 45)$
- Morte dos cafezais = DELAY FIXED(Plantio de Cafezais, 20, 0)
- Consumo Total = 4.5+Choque de consumo*0.1
- Choque de consumo =
 $RAMP(0.114,1852,1933)+(PULSE(1878,9)*(1*9))*1+PULSE(1906,1)*60 +$
 $PULSE(1917,1)*15$
- Delay na aquisição de capacidade = 4
- Estoque de café = $(\int (Café\ produzido)dt - \int (consumo\ total)dt, 4.5)$
- "look-up capacidade de produção"
 $([(0,0)(4,200)],(0.366972,0),(0.52,11.33),(1,45),(1.46,79.3),(1.75,100.5),(2.04,121.8),$
 $(2.43,150.1),(3.0581,197.368))$
- "look-up preço"
 $([(0,0)(40,12)],(0.1,12),(1.91,11.34),(4.5,10.3),(4.89297,5.21053),(12.4771,3.10526),$
 $(20,2.33),(20.3058,1.89474),(24,0.343),(24.9541,0.0526316))$
- Plantio de Cafezais = max((Capacidade de produção desejada -Cafezais)/Delay na aquisição de capacidade,0)
- Cadeia de Produção de café = max
 $(\int (Taxa\ inicial\ de\ produção)dt - \int (café\ produzido)dt, 0), 4.5)$