

Flutuações econômicas e avalanches de falências em uma economia de rede em evolução

Domenico Gatti, Mauro Gallegati, Bruce C. Greenwald,
Alberto Russo, Joseph E. Stiglitz

Resumo

Analizamos as propriedades de uma economia de rede de três setores caracterizada por relacionamentos que conectam firmas abaixo e acima (*dentro do crédito*) e relações de crédito que conectam empresas e bancos (fora do crédito). A topologia da rede muda no tempo devido a um processo endógeno de seleção de parceiros (a regra da *escolha do parceiro preferido*). O resultado das simulações mostra que um ciclo econômico ao nível macroeconômico pode se desenvolver como uma consequência da interação complexa das condições financeiras heterogêneas dos agentes envolvidos. Neste capítulo focamos na emergência de crises de falência: a falência de um agente pode trazer a falência de um ou mais outros agentes em efeito bola-de-neve de tamanho mais ou menos grande, dependendo da estrutura da rede e da incidência de empréstimos vencidos no balanço dos agentes envolvidos.

1 Introdução

Neste trabalho estudamos as propriedades de uma economia de rede de crédito na qual uma multidão de agentes heterogêneos interagem originando padrões complexos de relações de produtividade e crédito. A amplitude das flutuações econômicas está relacionada à topologia da rede que surge de um processo endógeno de seleção de parceiro. Em particular, a evolução da rede de crédito depende da regra da *escolha do parceiro preferido* de acordo com a qual cada agente seleciona o melhor parceiro em um conjunto *limitado* de parceiros observáveis devido à *informação imperfeita*.

Neste sistema, pode-se pensar nos agentes como *nós* e nos contratos de dívida como *ligações* em uma *rede de crédito*. A interação direta – exemplificada pelos contratos de dívida – é a *raison d’être* da rede. A interação indireta, i.e., interação

através dos “preços” – pode ainda ocorrer mas não leva necessariamente a um resultado de equilíbrio, pois a decisão descentralizada não é governada por um leiloeiro benevolente, fantasia pura, da qual nos livraremos pela modelagem da rede¹.

Pode-se também pensar nos agentes como intrinsecamente heterogêneos. Diferentes características como tecnológica, informacional e dotações financeira, preferências ou expectativas – para falar apenas algumas – podem levar em conta o papel que os agentes podem assumir como tomadores de empréstimos ou credores.

O mais importante é a informação, não apenas sobre o estado das partes em um relacionamento de crédito, mas também sobre as estruturas de incentivo que elas enfrentam. O emprestador tem de avaliar o risco envolvido na extensão do crédito para um tomador de empréstimo específico e sua habilidade e boa vontade para preencher as obrigações do débito. Mas a informação é assimétrica de forma que tal avaliação é, no melhor, incompleta: todas as questões cruciais para modelar o comportamento dos emprestadores e dos tomadores de empréstimos em um contexto de informação assimétrica também são relevantes para projetar a rede de relações de crédito. Neste contexto, um sinal indireto disponível dos tomadores de empréstimos é uma medida de sua solidez financeira capturada, por exemplo, pelo *patrimônio líquido*.

Em um relacionamento de crédito, um tomador de empréstimo pode não ser capaz de preencher os compromissos de débito, tanto por infortúnio quanto por má administração. A falência de um tomador de empréstimo é irrelevante se, por assim dizer, o agente for uma “ilha”. Em uma economia de rede, a falência não será um fenômeno isolado e, portanto, insignificante. A falência de um agente pode trazer a falência de outro ou mais outros agentes em um efeito bola-de-neve de tamanho mais

¹Livros recentes de Jackson (2008), Vega-Redondo (2007) e Goyal (2007) descrevem a fronteira de pesquisa em redes econômicas. Uma literatura crescente desenvolveu recentemente a análise de redes do mercado interbancário: veja, por exemplo, Allen e Gale (2000); Freixas et al. (2000); Furfine (2003); Iori et al. (2006); Nier et al. (2007). Boissay (2006) e Battiston et al. (2007) focam sobre o relacionamento comércio-crédito ao longo da “cadeia de suprimentos”.

ou menos grande. Em outras palavras, em uma rede de crédito, podemos observar *avalanches de falências*.

Baseando-se nas idéias primeiro expostas por Stiglitz e Greenwald (2003, Capítulo 7), em Delli Gatti et al. (2006), modelamos uma rede de crédito que consiste de famílias, firmas e bancos. Os agentes estão vinculados pelo *crédito interno* (i.e., relações de crédito que conectam firmas que pertencem a diferentes camadas da mesma indústria, o setor corporativo) e pelo *crédito externo* (i.e., relações de crédito que conectam agentes pertencentes a diferentes setores, i.e., bancos e firmas). Naquele artigo, contudo, a rede é *estática*, i.e., sua estrutura não muda no tempo. A contribuição específica do presente trabalho, é a introdução de um mecanismo para a evolução endógena da estrutura da rede, a *regra da escolha do parceiro preferido*, que é definida a seguir. Em todo período, cada consumidor busca pelo mínimo dos preços cobrados por um conjunto selecionado aleatoriamente de fornecedores: se o preço mínimo for mais baixo do que o preço que o consumidor pagou para o fornecedor anterior, ele irá mudar para o novo fornecedor, caso contrário ele manterá o antigo fornecedor. No jargão da literatura de rede, o número de vínculos conectando os nós dos consumidores a um certo nó de fornecedores muda no tempo de forma que a *tipologia* da red também é um processo em evolução contínua².

Na rede de crédito consideramos que as famílias têm um papel de consumidores finais passivos. Elas gastam toda sua renda comprando bens de consumo. O setor corporativo consiste de duas camadas de firmas. As firmas *downstream*³ (D)

²Jackson (2005) distingue entre um modelo de *grafo randômico* para a formação de uma rede, emprestada da física, e o modelo de *jogo teórico* projetado especificamente para lidar com redes econômicas. O primeiro é, em certo sentido, “mecânico”: a formação de redes é puramente estocástica ou o produto de um algoritmo *ad hoc*. O segundo foca sobre redes de “equilíbrio”, onde os vínculos são formados como consequência de uma análise custo-benefício por parte dos indivíduos interessados. O modelo seguido no presente trabalho é um meio termo entre os dois: a regra de escolha do parceiro preferido aloca os vínculos a nós como uma consequência do algoritmo que representa a busca do menor preço por parte dos consumidores.

³Não consegui uma tradução para *downstream* e *upstream*, mas creio que firmas *downstream* são as que produzem bens de consumo e as firmas *upstream* são as que produzem bens intermediários (máquinas e equipamentos).

produzem bens de consumo enquanto as firmas *upstream* (U) fornecem insumos intermediários para as firmas D. Os bancos estendem o crédito para as firmas em ambas as camadas. As firmas D são emprestadoras puras: elas emprestam das firmas U (crédito comercial) e dos bancos (empréstimos bancários). Os bancos são emprestadores puros: eles emprestam para as firmas D e U. As firmas U são tomadoras de empréstimos e emprestadoras ao mesmo tempo: elas tomam empréstimos dos bancos e emprestam para as firmas D.

Os emprestadores concebem o patrimônio líquido dos tomadores de empréstimo como uma procuração por crédito (garantia). Portanto, a extensão do crédito é crescente em função do patrimônio líquido dos tomadores de empréstimos. Como a escala de produção das firmas D é restrita apenas pela disponibilidade de fundos, no final o suprimento de bens de consumo também aumenta com o patrimônio líquido.

O patrimônio líquido das firmas D é o mecanismo de crescimento e flutuação nesta economia. A escala de atividade das firmas U, de fato, é determinada pela produção das firmas D. Mudanças no patrimônio líquido de D, portanto, traz mudanças na mesma direção da produção de U, do lucro e do patrimônio líquido. Um choque inesperado nas receitas de D afeta o relacionamento de crédito entre as firmas D e seus fornecedores U. Também os bancos são envolvidos pois a taxa de juros que eles cobram é uma função do patrimônio líquido dos tomadores de empréstimos.

Se o choque for grande o suficiente, a firma D pode ser incapaz de preencher os compromissos de débito e ir à falência. O “mau débito”, i.e., empréstimos não pagos – afeta o patrimônio líquido dos emprestadores, que podem reagir aumentando a taxa de juros. A marcha da taxa de juros leva a mais falências e eventualmente a uma cadeia de falências: “a alta taxa de falências é uma causa da alta taxa de juros tanto quanto uma consequência dela” (Stiglitz e Greenwald, 2003, p. 145).

A evolução endógena das interligações de crédito afeta a extensão da difusão de falências devido à interdependência do comportamento das firmas e dos bancos: a

inadimplência de um agente (das firmas *downstream*) pode causar a inadimplência de outro agente através da diminuição de sua solidez financeira (e.g., uma firma *upstream* vinculada à falência da firma *downstream*) e assim por diante, dependendo do número de vínculos entre os agentes (a inadimplência de um agente com muitos vínculos implica uma probabilidade alta da difusão de falência através da rede).

Por tudo, consideramos quatro mercados: bens de consumo, bens intermediários, trabalho e crédito. As “quantidades”, i.e., o montante de consumo e os bens intermediários produzidos, o trabalho empregado e o crédito estendido não são afetados pelos “preços”. Eles dependem de uma forma complicada das condições financeiras dos agentes envolvidos.

Em dois dos mercados, i.e., os mercados para bens intermediários e para empréstimos bancários, aplica-se uma regra para escolha do parceiro preferido. Nestes casos, os “preços” i.e., a taxa de juros sobre o crédito comercial e sobre os empréstimos bancários – afetam o número de clientes de cada vendedor – as firmas U e os bancos, respectivamente – e, portanto, seus lucros e seu patrimônio líquido⁴.

Estudamos as propriedades das redes através de simulações, que mostram que um ciclo econômico ao nível macroeconômico pode desenvolver-se como uma consequência da interação complexa das condições financeiras dos agentes. Em outras palavras, as regularidades estatísticas surgem como um processo auto-organizado ao nível agregado. Ao mesmo tempo, os principais fatos da demografia das firmas (tais como lei de distribuição dos tamanhos das firmas e a distribuição de Laplace do crescimento das taxas) surgem endogenamente.

O trabalho é organizado como segue. O modelo é apresentado e discutido na Seção 2. A Seção 3 é dedicada à discussão dos resultados da simulação. A Seção 4 conclui.

⁴Nos outros mercados os preços são exógenos, aleatórios (no caso de bens de consumo) ou determinísticos (no caso do mercado de trabalho).

2 O modelo

Modelamos uma economia multi-setor no tempo discreto ($t = 1, 2, \dots, T$) com uma multidão heterogênea de agentes. A economia consiste de três setores: um setor inferior consistindo de I firmas (rotuladas pelo índice $i = 1, 2, \dots, I$), um setor superior com J firmas ($j = 1, 2, \dots, J$) e um setor bancário que consiste de Z bancos ($z = 1, 2, \dots, Z$). Para manter a análise simples, o número de firmas e o número de bancos é exógeno⁵.

Existem dois bens, um bem de consumo e um bem intermediário. As D firmas produzem um bem de consumo perecível usando trabalho e bens intermediários. Por simplicidade e como uma primeira aproximação para um cenário masi realista, supomos que as firmas vendem tudo o que produzem a um preço estocástico. Em outras palavras, as famílias absorvem completamente o suprimento de bens de consumo. Portanto, as firmas D não têm inventários – nem voluntário nem involuntário – de bens de consumo.

As firmas U produzem o bem intermediário “sob demanda” com uma tecnologia que exige apenas trabalho. Portanto, as firmas U não têm inventários de bens intermediários. Estamos descartando, por construção, a possibilidade de *avalanches de resultado* devido à incompatibilidade da demanda e do suprimento de bens intermediários ao longo de uma cadeia de abastecimento *à la* (Bak et al. 1993).

O lado financeiro da economia é caracterizado por duas relações de empréstimos: (i) as firmas abaixo e acima obtêm crédito dos bancos; (ii) as firmas abaixo compram bens intermediários das firmas acima através de um contrato de crédito comercial.

A estrutura da rede de relações de despesas, produção e crédito evoluem endogenamente devido à interação descentralizada entre os agentes, baseada em um mecanismo de incentivo simples que rotulamos de *escolha do parceiro preferido*: em

⁵Como em nosso sistema os agentes podem deixar o mercado devido à falência, para preservar a constância do número de agentes temos de aplicar o procedimento de troca um-a-um. Veja abaixo.

todo período cada firma D procura pela firma U com o preço mais baixo de bens intermediários; ao mesmo tempo cada firma procura pelo banco com a menor taxa de juros.

A afirmação principal do modelo é que a escala de atividade da i -ésima firma D no tempo t , i.e., o nível de produção Y_{it} – é uma função côncava crescente de sua robustez financeira, capturada pelo patrimônio líquido A_{it} :

$$Y_{it} = \phi A_{it}^{\beta} \quad (1)$$

onde $\phi > 1$, $0 < \beta < 1$ são parâmetros, uniformes entre as firmas D. A equação acima representa a *função de resultado financeiramente restrito*.

Existem (pelo menos) dois motivos para (1). Primeiro, ela pode ser interpretada como uma simples regra de polegar em um mundo no qual (i) a racionalidade limitada impede a elaboração de processos de tomada de decisão ótimos e (ii) a informação assimétrica entre os tomadores de empréstimos e os emprestadores leva a uma hierarquia de financiamento na qual o patrimônio líquido é mais importante.

Alternativamente, pode-se pensar a equação (1) como a solução de um problema de otimização por parte da firma. De acordo com Greenwald e Stiglitz (1993) o problema da firma consiste em maximizar os lucros líquidos esperados $E(\pi_i)$ dos custos da falência C_i ponderados pela probabilidade de falência Ω_i . Da definição de lucros segue que eles são função crescente da saída Y_i dado o patrimônio líquido A_i . Supõe-se que os custos da falência sejam crescentes com o tamanho da firma. Finalmente, da definição da probabilidade de falência, segue que ela é crescente com a escala de atividade, dado o patrimônio líquido. Um aumento na fragilidade financeira, capturado pela redução do patrimônio líquido, traz um aumento na probabilidade de falência. No final, a caracterização de Greenwald-Stiglitz do problema da firma é:

$$\max_{Y_i} V(Y_i; A_i) = E(\pi(Y_i; A_i)) - C(Y_i)\Omega(Y_i; A_i) ,$$

cujas soluções são

$$Y_i = \arg \max V(Y_i; A_i) = f(A_i) , \quad (2)$$

com $f' > 0$. A equação (1) pode ser considerada uma linearização de (2). Por construção, a segunda interpretação de (1) é baseada em exigências mais rigorosas de racionalidade do que aquelas implícitas em (i) acima. Contudo, é ainda verdade que a informação assimétrica leva a uma hierarquia de financiamento conforme suposto em (ii). **A concavidade da função de saída financeiramente limitada captura a idéia de que um aumento na variância das condições financeiras traz uma redução da média (e portanto agregado) do resultado.**

Por simplicidade, supomos que a função de produção das D firmas é do tipo Leontief: $Y_i = \min(\frac{1}{\delta_d}N_i, \frac{1}{\gamma}Q_i)$ com $\delta_d > 0$ e $\gamma > 0$. Portanto, as D firmas têm as seguintes funções de exigência de trabalho e bens intermediários: $N_{it} = \delta_d Y_{it}$, $Q_{it} = \gamma Y_{it}$. No final, tanto a demanda por trabalho quanto a demanda por bens intermediários das firmas da camada abaixo dependem de forma não-linear de suas condições financeiras, $N_{it} = \delta_d \phi A_{it}^\beta$, $Q_{it} = \gamma \phi A_{it}^\beta$.

Os bens finais são vendidos a um preço estocástico u_{it} , que é uma variável aleatória uniformemente distribuída no intervalo $(0, 2)^6$. Podemos dar a seguinte razão para esta aparentemente afirmção restritiva. Seja a demanda da i -ésima mercadoria (*commodity*) no período t dada por $d(u_{it}, \delta_{it+1})$, onde u_{it} é o preço relativo da i -ésima mercadoria e δ_{it} é um distúrbio estocástico na demanda específico para o mercado em questão. Seja o fornecimento s_{it} . Pela afirmção s_{it} é composto das quantidades produzidas por um “grande número” de produtores de forma que

⁶Seguindo Greenwald e Stiglitz (1993), supomos que as firmas vendem todo o resultado que produzem a um preço estocástico. Sem dúvida, esta é a fonte de um choque idiosincrático importante ao nível da firma que influencia toda a economia devido a um mecanismo *direto* – via volatilidade do resultado das firmas *downstream* – e um mecanismo *indireto*, i.e., a propagação dos choques através das interligações produtivas e de crédito. Em nosso sistema, como em GS, os preços estocásticos são o veículo de choques idiosincráticos ao nível da firma. Em nosso cenário, contudo, o mecanismo de propagação e amplificação é mais rico do que em GS pois os choques que afetam as firmas *downstream* se espalham pelos agentes conectados em uma economia de rede com crédito bancário e comercial.

a contruibuição de cada firma no total é insignificante. No equilíbrio $u_{it} = f(\delta_{it}, s_{it})$ i.e., o preço relativo é uma função crescente da disturbância na demanda, dado um suprimento pré-determinado. Se a demanda for suficientemente elástica, mudanças no suprimento não afetam o preço significativamente de forma que o preço relativo é essencialmente uma função cresctete da demanda aleatória. Uma alta realização de u_{it} pode ser interpretada como um regime de alta demanda que tende ao preço relativo da mercadoria em questão. Em um regime de baixa demanda, a realização de u_{it} acaba sendo baixa e pode empurrar a firma para fora do mercado se for “muito baixo”, i.e., se ela tornar o patrimônio líquido da firma negativo.

As firmas *upstream* produzem o bem intermediário por meios de uma tecnologia Leontief que emprega apenas trabalho: $Q_{jt} = \frac{1}{\delta_u} N_{jt}$, onde $\delta_u > 0$. Por simplicidade, supomos uma estrutura assimétrica das D-U redes: muitas firmas D podem estar vinculadas a uma única firma U mas cada firma D tem apenas um fornecedor de bens intermediários.

Em cada período o fornecedor – digamos a j -ésima firma – recebe ordens de um conjunto de consumidores D que serão denotadas por Φ_j . Como cada firma D busca pela firma U com o preço mais baixo de bens intermediários, por construção o número de elementos de Φ_j depende do preço p_{jt} que a firma *upstream* cobra de seus consumidores: quanto mais baixo o preço, mais alto o número de firmas *downstream* fazendo pedidos para o j -ésimo fornecedor de bens intermediários.

O preço que o fornecedor cobra é definido como $p_{jt} = 1 + r_{jt}$, onde r_{jt} é a taxa de juros no crédito comercial. Supomos que o nível de r_{jt} depende da condição financeira da firma *upstream*:

$$r_{jt} = \alpha A_{jt}^{-\alpha} \quad (3)$$

com $\alpha > 0$. Em palavras, a taxa de juros cobrada a cada e toda firma D pertencente a Φ_j é decrescente com a solidez financeira da firma U. Se a firma U estiver em boa forma do ponto de vista financeiro, ela estará ansiosa para estender o crédito

comercial em termos mais favoráveis para os seus consumidores D.

Em princípio, a taxa de juros no crédito comercial cobrada pela j -ésima firma U deveria ser afetado também pelas condições financeiras dos tomadores de empréstimos, i.e., das firmas D no conjunto Φ_j . Para manter o sistema tão simples quanto possível, contudo, supomos que a informação assimétrica impede uma correta avaliação das condições financeiras dos tomadores de empréstimos por parte dos emprestadores. Portanto, a taxa de juros no crédito comercial incorpora apenas a condição financeira do emprestador.

Podemos propor os seguintes motivos para esta afirmação. Em nosso sistema, a existência de crédito comercial é basicamente devido ao *motivo de transação* (Nielsen 2002). As firmas visam aumentar suas cotas de mercado (quando as condições financeiras dos agentes permitem agir desta forma). O aumento do patrimônio líquido das firmas *upstream* produz um declínio nas taxas de juros do crédito comercial afetando as condições do crédito agregado de forma similar àquela que caracteriza os bancos. Em um sentido, as firmas *upstream* usam o crédito comercial como uma *estratégia de mercado* (Summers e Wilson 2001). Como os gastos em publicidade, o crédito comercial é um investimento que, por estabilizar as relações de longo prazo entre os emprestadores e os tomadores de empréstimo, leva a um retorno de longo prazo (Nadiri 1969). Em nosso cenário, as firmas estendem o crédito comercial em termos mais favoráveis, aumentando a probabilidade de ganhar novos consumidores, quando suas condições financeiras estão sólidas. Então, nossa escolha de modelo é consistente com uma explicação baseada no crédito comercial como um ‘investimento de longo prazo’ destinado a conseguir novos consumidores através da aplicação de condições de crédito comercial mais favoráveis⁷.

⁷De acordo com Mateut e Mizen (2003), as firmas se comportam como os bancos para estender o crédito a outras firmas, cobrando dos tomadores de empréstimo um prêmio financeiro externo devido aos *custos de coleção*, e.g., difícil para verificação (Boissay 2006). Desta forma, o crédito comercial afeta as condições do crédito agregado na economia. Mateut (2001) mostra que o crédito comercial tem um papel importante na transmissão da política monetária, interagindo com decisões financeiras externas tomadas pelos bancos. Então existe um *motivo financeiro* subjacente ao crédito

Enquanto a escala de produção das D firmas é financeiramente restrita, i.e., é determinada por seu grau de robustez financeira – a escala de produção das firmas U é restringida pela demanda, i.e., é determinada pela demanda de bens intermediários por parte das firmas D. Portanto, as condições financeiras das firmas D são a força orientadora para a produção das firmas U. Quanto mais robustas, em média, as firmas D, mais alta a escala de atividade e a demanda por trabalho e bens intermediários de forma que a mais alta será, em média, a escala de atividade das firmas U. Por exemplo, a demanda de produtos intermediários – e portanto a escala de produção – da j -ésima firma será $Q_{jt} = \gamma \sum_{i \in \Phi_j} Y_{it} = \gamma \phi \sum_{i \in \Phi_j} A_{it}^\beta$ e a demanda por trabalho será $N_{jt} = \delta_u \gamma \phi \sum_{i \in \Phi_j} A_{it}^\beta$,

As firmas enfrentam uma *hierarquia financeira* na qual o financiamento interno está em primeiro lugar e os empréstimos bancários em segundo. Portanto, por afirmação, a lacuna financeira, i.e., a diferença entre as despesas da firma e o financiamento interno, é preenchida pelo crédito. Para as firmas U, a lacuna financeira é a diferença entre a massa salarial e o patrimônio líquido. Como para as firmas D, as despesas consistem dos salários e do custo dos bens intermediários. Para manter a análise tão simples quanto possível, contudo, supomos também que para as firmas D a lacuna financeira é a diferença entre a massa salarial e o patrimônio líquido. Isto significa que a aquisição de bens intermediários pode ser financiada pelo crédito comercial, não pelos empréstimos bancários.

Então, a demanda de crédito é igual a $B_{xt} = W_{xt} - A_{xt}$, onde $W_{xt} = wN_{xt}$ é a massa salarial da firma ($x = i$ para as firmas D, j para as firmas U). Supomos que o salário real w é constante e uniforme entre as firmas. Pela afirmação, o trabalho é abundante de forma que as firmas não enfrentam qualquer escassez de trabalho ao

comercial (Nielsen 2002). Não obstante, em nosso modelo, o crédito comercial não é um substituto para o crédito bancário: não modelamos a ação recíproca entre os bancos e o crédito comercial (embora este seja um aspecto relevante destacado pela literatura: veja, por exemplo, Gertler e Gilchrist (1993), sobre o crédito comercial e Jaffee e Stiglitz (1990) sobre a ação recíproca entre o crédito comercial e o racionamento de crédito).

salário real pré-determinado.

Firmas auto-financiadas, i.e., firmas com um nível de patrimônio líquido suficiente para financiar a massa salarial, não demandam crédito. Da expressão acima, segue que a demanda por crédito da i -ésima firma D é

$$B_{it} = wN_{it} - A_{it} = w\delta_d\phi A_{it}^\beta - A_{it} \quad (4)$$

de forma que a firma D é auto-financiada se tiver patrimônio líquido $A_{it} \geq \hat{A} \equiv (w\delta_d\phi)^{\frac{1}{1-\beta}}$.

Como para as firmas U, a demanda por crédito da j -ésima firma U é

$$B_{jt} = wN_{jt} - A_{jt} = w\delta_u\gamma\phi \sum_{i \in \Phi_j} A_{it}^\beta - A_{jt} \quad (5)$$

de forma que a firma U é auto-financiada se tiver patrimônio líquido $A_{jt} \geq \hat{A}_j \equiv w\delta_u\gamma\phi \sum_{i \in \Phi_j} A_{it}^\beta$. Quanto mais alto o patrimônio líquido dos *consumidores* D da firma U, menor a probabilidade de que a firma U seja auto-financiada.

Por simplicidade, supomos uma estrutura assimétrica da rede firmas-bancos: muitas firmas podem estar vinculadas a um único banco mas cada firma tem apenas um fornecedor de empréstimos. O conjunto de consumidores do z -ésimo banco será denotado por Φ_z . Supomos que cada banco tem um certo grau de poder de mercado. Como cada firma procura pelo banco com a taxa de juros mais baixa, por construção, o número de elementos de Φ_z depende da taxa de juros que o banco cobra de seus consumidores: quanto mais alta a taxa de juros, mais alto o número de firmas solicitando empréstimos ao z -ésimo banco.

O z -ésimo banco adota a seguinte regra para estabelecer a taxa de juros sobre os empréstimos ao x -ésimo tomador de empréstimos ($x = i$ para as firmas *downstream*, j para as *upstream*):

$$r_{zt}^x = \sigma A_{zt}^{-\sigma} + \theta(l_{xt})^\theta, \quad (6)$$

onde A_{zt} é o patrimônio líquido do z -ésimo banco e $l_{xt} = B_{xt}/A_{xt}$ é o índice de alavancagem da x -ésima firma, σ e θ são parâmetros positivos. Então, a taxa de

juros sobre os empréstimos bancários é (i) decrescente com a solidez financeira do banco (avaliada pelo patrimônio líquido do banco A_{zt}) e (ii) crescente com o índice de alavancagem ratio da firma.

A razão de (i) é óbvia: se o banco está em boa forma financeira, ele estará ansioso para estender o crédito em termos mais favoráveis. Este é o caso, por exemplo, se o banco adotar uma regra do polegar de acordo com a qual o montante de empréstimos deve ser reduzido se for “muito alto” com relação ao capital próprio do banco, i.e., o patrimônio líquido⁸ Quando o patrimônio líquido está “muito baixo”, o banco empurra a taxa de juros para cima para reduzir o número de tomadores de empréstimos.

Para (ii), simplesmente supomos que a firma penaliza financeiramente firmas frágeis. Em certo sentido, adotamos o princípio de acordo com o qual a taxa de juros cobrada pelo prestador incorpora um *prêmio financeiro externo* com a alavancagem e, portanto, inversamente relacionado ao patrimônio líquido dos tomadores de empréstimos⁹

Observe que o índice de alavancagem da i -ésima firma é

$$l_{it} = B_{it}/A_{it} = w\delta_d \frac{Y_{it}}{A_{it}} = w\delta_d \phi A_{it}^{-(1-\beta)} - 1 \quad (7)$$

i.e., é decrescente com o patrimônio líquido. Portanto, no final, a taxa de juros cobrada pelo z -ésimo banco à i -ésima firma D será

$$r_{zt}^i = \sigma A_{zt}^{-\sigma} + \theta \left(w\delta_d \phi A_{it}^{-(1-\beta)} - 1 \right)^\theta \quad (8)$$

⁸O total de empréstimos estendido pelo z -ésimo banco é

$$B_t^z = \sum_{i \in \Phi_z} B_{it} + \sum_{j \in \Phi_z} B_{jt} = \sum_{i \in \Phi_z} \left(w\delta_d \phi A_{it}^\beta - A_{it} \right) + \sum_{j \in \Phi_z} \left(w\delta_u \gamma \phi \sum_{i \in \Phi_j} A_{it}^\beta - A_{jt} \right).$$

Se a taxa de juros cair mais tomadores de empréstimos serão atraídos pelo banco e mais empréstimos serão dados.

⁹Em certo sentido em nosso modelo o banco se comporta como um prestador no mundo de Bernanke e Gertler (1989, 1990), caracterizado por informação assimétrica e difícil verificar. Veja Bernanke et al. (1999) para uma exposição compreensível do modelo.

i.e., será uma função decrescente do patrimônio líquido do banco e da firma.

A situação é diferente no caso das firmas U. A alavancagem é

$$I_{jt} = B_{jt}/A_{jt} = w\delta_u \frac{Q_{jt}}{A_{jt}} - 1 = \frac{w\delta_u \gamma \phi}{A_{jt}} \sum_{i \in \Phi_j} A_{it}^\beta - 1 \quad (9)$$

uma vez que $Q_{jt} = \gamma \phi \sum_{i \in \Phi} A_{it}^\beta$ como mostrado acima. A alavancagem da firma U é decrescente com seu próprio patrimônio líquido, mas *crescente com o patrimônio líquido dos consumidores downstream*. A taxa de juros cobrada pelo j -ésimo banco à j -ésima firma U será

$$r_{zt}^j = \sigma A_{zt}^{-\sigma} + \theta \left(\frac{w\delta_u \gamma \phi}{A_{jt}} \sum_{i \in \Phi_j} A_{it}^\beta - 1 \right)^\theta \quad (10)$$

i.e., será uma função decrescente do patrimônio líquido do banco e da j -ésima firma mas uma função crescente do *patrimônio líquido dos consumidores downstream*.

Cada firma D tem um relacionamento (produtivo e de crédito) com uma firma U. Inicialmente, i.e., no tempo $t = 1$, a rede das firmas é aleatória, i.e., os vínculos entre as firmas D e U são estabelecidos aleatoriamente. Portanto, por exemplo, a firma D indexada por i (D_i) termina vinculada à firma U indexada por j_0 (U_{j_0}). Em cada um dos períodos subsequentes, a rede muda endogenamente de acordo com a regra da escolha do *parceiro preferido* (com ruído) que é definida como segue:

- com probabilidade (pequena) ϵ a firma D escolhe um parceiro (i.e. um fornecedor U) aleatoriamente;
- com probabilidade $1 - \epsilon$ ela olha os preços de um número selecionado aleatoriamente de firmas – digamos M :
 - se o preço mínimo observado – digamos o preço de U_{j_1} – é mais baixo do que o preço de U_{j_0} , então D_i mudará para U_{j_1} ;
 - caso contrário, D_i ficará em U_{j_0} .

No jargão da literatura de rede, o número de vínculos conectando D nós a um certo nó U muda no tempo devido à mudança do preço cobrado pela firma U de forma que a *topologia* da rede também é um processo de evolução contínua. O número total de nós, contudo, é constante.

A regra de escolha do *parceiro preferido* também se aplica ao relacionamento entre as firmas (ambas D e U) e os bancos. No tempo $t = 1$, os vínculos entre as firmas e os bancos são estabelecidos aleatoriamente. Por exemplo, a firma D_i acaba vinculada ao *banco* z_0 (B_{z_0}). Mais tarde, com probabilidade $1 - \epsilon$, cada firma olha para a taxa de juros cobrada por um número de bancos selecionado aleatoriamente – digamos N . Se a taxa de juros mínima observada – digamos aquela cobrada por B_{z_1} – for menor do que aquela cobrada por B_{z_0} , então D_i mudará para B_{z_1} ; caso contrário, ficará com B_{z_0} .

Suponha que D_i pertencente a Φ_{j_0} vá à falência. A demanda de bens intermediários produzidos por U_{j_0} diminui tanto quanto as receitas, os lucros e o patrimônio líquido. A taxa de juros $r_{zt}^{j_0} = \sigma A_{zt}^{-\sigma} + \theta(l_{j_0t})^\theta$ aumenta. Portanto, U_{j_0} também pode ir à falência. Em princípio, podem haver repercussões negativas também em outras firmas D pertencentes a Φ_{j_0} que não podem produzir tanto quanto querem, devido à falência de seus fornecedores U_{j_0} . Uma avalanche de falências se segue devido ao comentário positivo da falência de um único agente no patrimônio líquido dos “vizinhos”, vinculado ao agente de falência pelas relações de crédito ou comércio. Observe, contudo, que também existe um comentário negativo com um efeito estabilizador devido ao fato de que o menor patrimônio líquido por parte das firmas D torna a alavancagem das firmas U menor e, portanto, torna menores as taxas de juros cobradas pelo banco.

O lucro da i -ésima firma D é definido como segue: $\pi_{it} = u_{it}Y_{it} - (1 + r_{zt}^i)B_{it} - (1 + r_{jt})Q_{it}$, onde u_{it} é o preço e Y_{it} é a quantidade de bens de consumo, r_{zt}^i é a taxa de juros cobrada por B_z de D_i , r_{jt} é a taxa de juros no crédito comercial cobrada

por U_j de D_i e Q_{it} é o montante de entradas intermediárias que D_i comprou de U_j .

O lucro das firmas *upstream* é igual a $\pi_{jt} = (1 + r_{jt})Q_{jt} - (1 + r_{zt}^j)B_{jt}$. O lucro dos bancos é igual a $\pi_{zt} = \sum_{i \in I_z} (1 + r_{zt}^i)B_{it} + \sum_{j \in J_z} (1 + r_{zt}^j)B_{jt}$, onde I_z e J_z são, respectivamente, o conjunto das firmas D e U interagindo com o banco z ¹⁰.

No final do período, o patrimônio líquido do x -ésimo agente ($x = i$ para baixo, j para cima, z para o banco) é definido como segue

$$A_{xt+1} = A_{xt} + \pi_{xt} - BD_{xt}$$

onde BD_{xt} é “má dívida”. De fato, se um tomador de empréstimo não puder pagar o empréstimo obtido do prestador e for à falência, o prestador tem uma “má dívida” (não paga), que é considerada como uma redução de seu patrimônio líquido. O agente vai à falência se $A_{xt+1} \leq 0$.

Em nosso sistema, os prestadores são as firmas U e os bancos, e ambos os tipos de firmas podem ser tomadores de empréstimos (se elas não forem auto-financiadas).

No caso das firmas U, “má dívida” é $BD_{jt} = (1 + r_{jt})\gamma \sum_{i \in \Phi_j^B} Y_{it}$, i.e., o montante de crédito comercial não reembolsado (bens intermediários não pagos) pelos consumidores falidos D, que estão agrupados por conveniência no conjunto Φ_j^B .

No caso dos bancos, “má dívida” é $BD_z = \sum_{i \in \Phi_z^B} (1 + r_{zt}^i)B_{it} + \sum_{j \in \Phi_z^B} (1 + r_{zt}^j)B_{jt}$, i.e. empréstimos não pagos pelas firmas falidas D e U, que estão agrupadas por conveniência no conjunto Φ_z^B .

3 Resultados de simulação

Nesta seção analisamos as propriedades dinâmicas da rede de crédito modelada acima, com ênfase particular na amplitude e comprimento das avalanches de falência. Executamos simulações computacionais de uma economia consistindo de $I = 500$ D firmas, $J = 250$ U firmas e $Z = 100$ bancos em um tempo $T = 1.000$ períodos.

¹⁰Naturalmente, $I_z \cup J_z = \Phi_z$.

Existem 12 parâmetros no modelo que são fixados como segue: $\phi = 1.2$, $\beta = 0.8$, $\delta_d = 0.5$, $\delta_u = 1$, $\gamma = 0.5$, $\alpha = 0.1$, $\sigma = 0.05$, $w = 1$, $M = 5$, $N = 5$, $\epsilon = 0.01$,

O patrimônio líquido dos agentes (firmas e bancos) no início do tempo ($t = 1$) é fixado em 1. Supomos um mecanismo simples de entrada-saída: as firmas/bancos falidos são substituídos trocados por novos participantes com base em substituição um-a-um. Os novos agentes são dotados de um montante inicial de patrimônio líquido que obedece a uma distribuição uniforme com média 1 e variância finita¹¹.

A Figura 1 mostra alguns aspectos relevantes que surgem da simulação da rede de crédito. O painel (a) mostra o comportamento flutuante da produção agregada de D. A produção agregada de U segue o mesmo padrão dinâmico, pois os fornecedores U produzem bens intermediários para a produção D “*on demand*”. O painel (b) mostra que, no tempo, surge uma lei de distribuição exponencial do tamanho das firmas, de acordo com a evidência empírica da distribuição do tamanho da firma (Axtell 2001; Gaffeo et al. 2003). Assim, começando com condições iniciais idênticas, as firmas se tornam rapidamente heterogêneas¹². Além disso, a distribuição do número de vínculos para cada prestador (firma U ou banco) se torna assimétrica no tempo devido à regra da escolha do parceiro preferido que governa a interação entre os tomadores de empréstimos e os prestadores. Em outras palavras, o *grau da distribuição* real da rede de crédito sugere que alguns prestadores, na cauda direita da distribuição, têm um número de consumidores mais alto do que aquele gerado por uma distribuição normal. Isto é verdade para o número de relacionamentos de crédito comercial entre as firmas D e U (painel (c)), bem como para o número de conexões entre as firmas e os bancos (painel (d)).

¹¹Por simplicidade, o número total de agentes na economia é constante no tempo. Para evitar *capital countercyclical*, quando novos agentes substituem os falidos, a dotação inicial de capital para os participantes é “pequena” com respeito a outros agentes ou ao patrimônio líquido médio.

¹²Cada firma D é atingida por um choque de preço em cada período de tempo pois o preço de venda é estocástico. Portanto, a acumulação de patrimônio líquido por parte de cada firma D toma rapidamente diferentes rotas. A acumulação de patrimônio líquido por parte das firmas U e dos bancos é determinada como uma consequência.

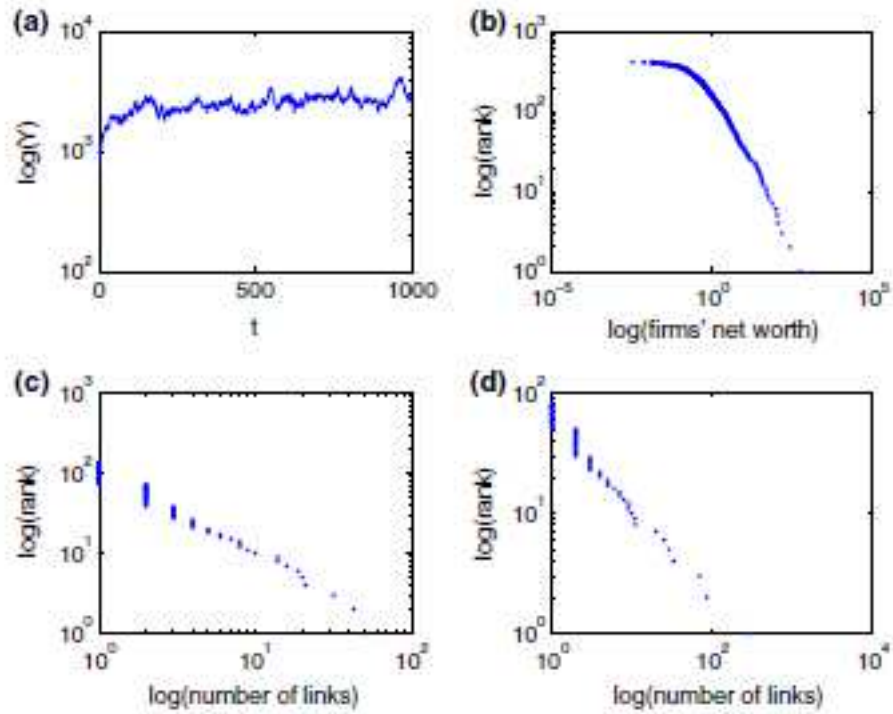


Figura 1 (a) Produção agregada das firmas *downstream*. (b) Distribuição do tamanho da firma (em termos de patrimônio líquido). (c) Distribuição do grau da rede: firmas downstream versus upstream. (d) Distribuição de grau da rede: firmas versus bancos.

O comprimento dos relacionamentos de crédito é endógenamente determinado pela regra da *escolha do parceiro preferido*. Em particular, o comprimento médio do vínculo D-U entre 100 simulações de Monte Carlo do modelo é igual a 1.4; no caso do vínculo D-B o comprimento médio é igual a 4.7; em vez disso, o comprimento médio do vínculo U-B é igual a 18.9. A estabilidade mais alta do relacionamento depende da taxa de falência diferente que caracteriza diferentes agentes, diminuindo dos setores D para U e B.

Os emprestadores com um número alto de vínculos são *menos vulneráveis à falência* pois também são financeiramente sólidos e podem fornecer crédito em melhores condições. As U firmas financeiramente sólidas fixam preços mais baixos do que as mais frágeis financeiramente, atraem mais firmas D, são mais confiáveis e aumentam sua robustez financeira. O oposto é verdade para firmas U financeiramente

frágeis. O setor corporativo U se torna polarizado e o grau de distribuição se torna assimétrico. Ocorre um *feedback* positivo.

De forma similar, os bancos financeiramente sólidos fixam preços menores do que os financeiramente frágeis, atraem mais firmas, são mais lucrativos e aumentam sua robustez financeira. O oposto é verdadeiro para os bancos financeiramente frágeis. O setor bancário se torna polarizado e o grau de distribuição se torna assimétrico.

Em tudo, a conexão que opera através da escolha de parceiros por preços e taxas de juros mais baixos aumenta o número de vínculos de firmas e bancos financeiramente sólidos (neste sentido, eles podem oferecer preços e taxas de juros mais baixos também nos períodos seguintes) que melhora suas posições financeiras, aumentando a “robustez” da rede. Por outro lado, a evolução de um grau de distribuição invariante de escala também aumenta a “vulnerabilidade” da rede pois a falta de um agente altamente conectado pode ter sérias consequências na estabilidade das redes, gerando uma avalanche de falências.

A falta de um agente pode gerar uma difusão de falências através da rede. A Figura 2 dá uma representação gráfica simples do que pode acontecer na rede de crédito da economia como consequência da falta de uma ou mais firmas. Considere uma pequena parte da rede envolvendo firmas *downstream* de D1 até D7, firmas *upstream* U1, U2 e U3 e os bancos B1 e B2. Suponha que, por exemplo, as firmas *downstream* D4, D6 e D7 vão à falência devido a choques idiosincráticos (preços). Estas firmas não preenchem os compromissos da dívida. Como consequência, as condições financeiras dos emprestadores se deteriora devido a maus empréstimos. No caso descrito na Figura 2, U2 e B1 vão à falência, enquanto U1 e B2 sobrevivem à falha de seus parceiros. Então, o canal de propagação de falência é o seguinte: a falha de D4 e D6 provoca a falta de U2; a falha de D6, D7 e U2 provoca a falta de B1. Embora U1 e B2 sobrevivam à falta de seus parceiros, a deterioração de suas condições financeiras, devido a maus empréstimos incidentes nos balanços,

produzem um aumento da taxa de juros (cobrada de seus velhos e novos parceiros) aumentando a probabilidade de falhas adicionais. Como resultado, nosso modelo demonstra que “a alta taxa de falências é uma causa da alta taxa de juros tanto quanto uma consequência dela” (Stiglitz e Greenwald, 2003, p. 145).

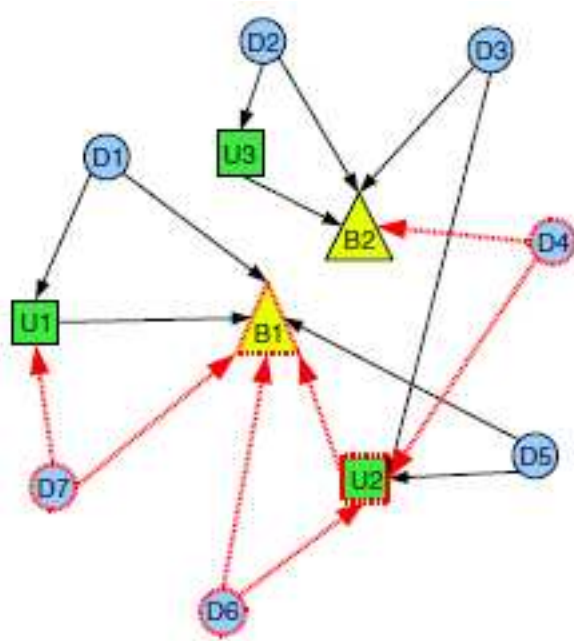


Figura 2 Mecanismo de difusão de falência.

A seriedade da falta dos agentes com respeito às avalanches de falências e flutuações econômicas depende do tamanho dos agentes e de sua conectividade. De fato, mesmo um alto número de falências pode ser absorvido pelo sistema sem gerar *efeito dominó*. Portanto, a extensão dos eventos de falência depende também do montante de más dívidas.

A Figura 3 mostra a evolução temporal do agregado de más dívidas: verifica-se que é mais fácil observar montantes “grandes” de má dívida em sequência. Isto está de acordo com a descrição acima do mecanismo de difusão de falência: as falhas dos agentes provoca dificuldades financeiras com a deterioração das condições de crédito, devido ao aumento da taxa de juros, produzindo falhas adicionais e grandes

montantes de más dívidas, até o retorno das “condições normais” na economia de rede de crédito.

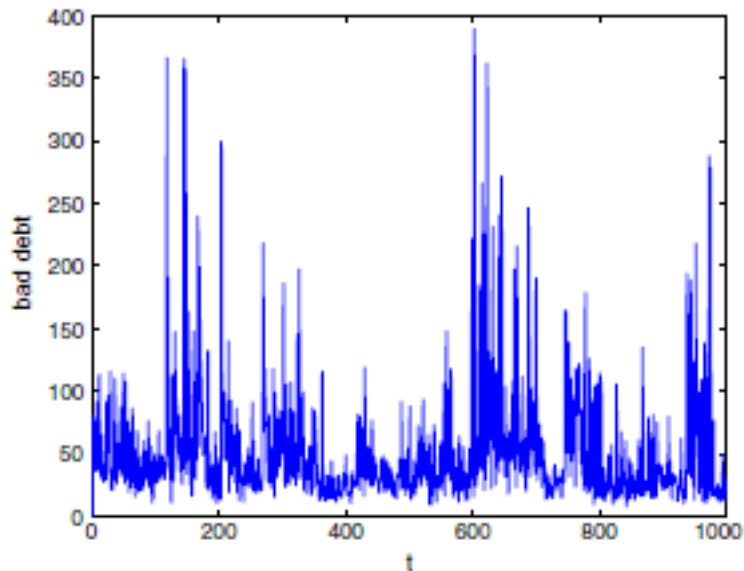


Figura 3 Agregado de má dívida: evolução no tempo.

Para examinar a incidência de eventos extremos na evolução da rede de crédito, calculamos a variável BD' , que é o valor absoluto da diferença entre o agregado de má dívida e sua mediana. Após isso, calculamos a probabilidade de observar valores de BD' maiores do que $x\sigma_{BD}$, onde σ_{BD} é o desvio padrão do agregado de má dívida e x é um parâmetro positivo. A Figura 4 mostra que eventos extremos, com um “alto” valor de x , têm uma probabilidade positiva, ainda que “baixa”, de realização.

Outro aspecto relevante é o comprimento das cadeias de falência. Para examinar este aspecto, calculamos o número de períodos caracterizado por um “grande” montante de má dívida: em particular, para cada período nós controlamos se BD' é maior do que $2\sigma_{BD}$. A economia de rede de crédito em exame verifica esta condição em 52 períodos. Também calculamos a realização de um processo randômico com a mesma probabilidade média ($52/1.000$) de condições verificáveis $BD' > 2\sigma_{BD}$. A Figura 5 mostra claramente que a economia de rede de crédito é caracterizada pelo

agrupamento de eventos “má dívida grande” (*large bad debt*), de acordo com o que foi dito acima, um aspecto não mostrado por um processo randômico.

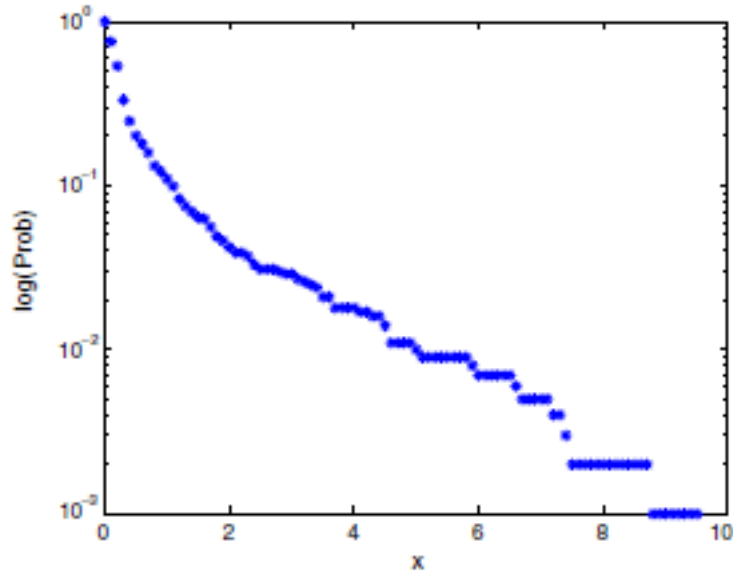


Figura 4 Agregado de má dívida: probabilidade de eventos extremos.

Finalmente, a ocorrência de crises de falência amplifica as flutuações econômicas e, como consequência, a distribuição de taxas de crescimento agregado está longe de ser uma Gaussiana, mostrando em vez disso um comportamento de dupla exponencial (Bottazzi e Secchi 2003; Stanley et al. 1996) com uma assimetria perceptível para eventos negativos (veja a Figura 6).

4 Observações finais

Analizamos as propriedades de uma economia de rede de crédito caracterizada pelo *crédito interno* (i.e., relações de crédito conectando agentes que pertencem a diferentes grupos de um mesmo setor, i.e., firmas D e firmas U) e pelo *crédito externo* (i.e., relações de crédito conectando agentes que pertencem a diferentes setores, i.e., firmas e bancos).

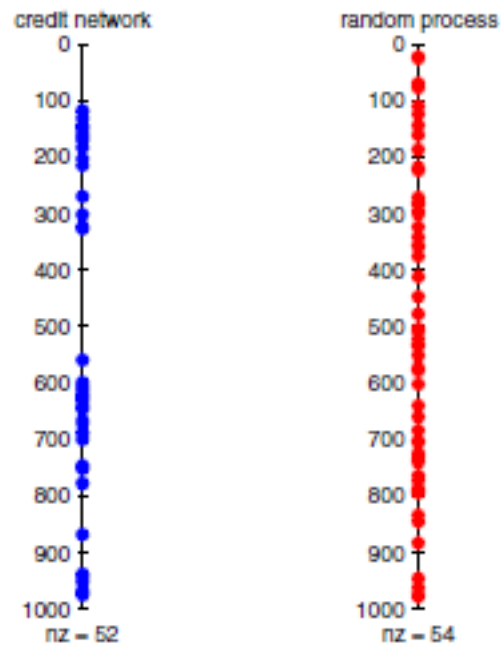


Figura 5 Agrupamento de avalanches de falências.

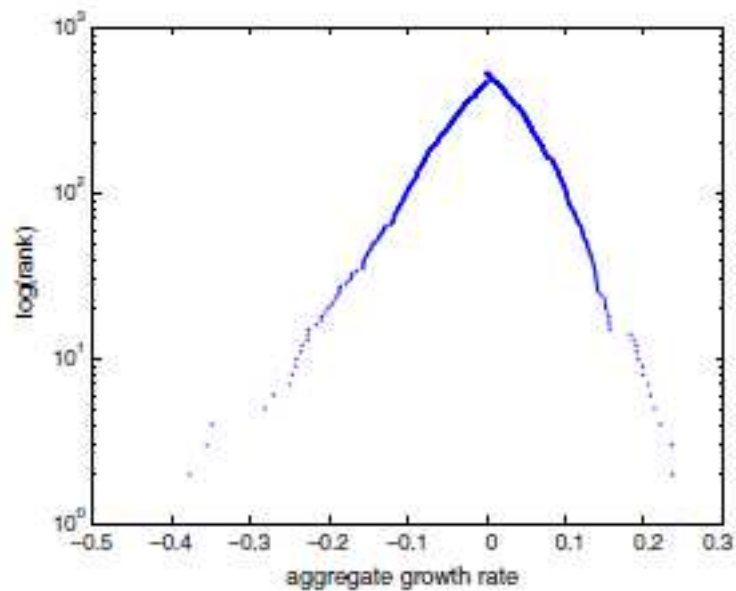


Figura 6 A distribuição das taxas de crescimento agregado.

A configuração de interligações de produção e crédito muda no tempo devido à *regra da escolha do parceiro preferido*, que implica que mudanças endógenas da taxa de juros no crédito comercial e nos empréstimos bancários afetam o número de

clientes de cada firma U e de cada banco. Esta regra é reminiscência da regra da *penhora preferencial* (ou *conexão preferencial*) (Barabási e Albert 1999) e é baseada em um mecanismo similar ao *modelo de fitness* (modelo de aptidão) (Bianconi e Barabási 2001) já adotado na literatura de rede. A mudança de topologia da rede afeta a propagação das falências e a forma das flutuações econômicas.

O patrimônio líquido dos tomadores de empréstimos é uma procuração de crédito (garantia). Portanto, o crédito estendido é crescente com o patrimônio líquido dos tomadores de empréstimo. Como o resultado de D – que consiste de bens de consumo – é restrito apenas pela disponibilidade de fundos, no final o fornecimento de bens de consumo é crescente com o patrimônio líquido de D. O patrimônio líquido das firmas D é o condutor de crescimento e flutuações. A produção de U, de fato, é determinada pela demanda de bens intermediários por parte das firmas D. Mudanças no patrimônio líquido de D, portanto, leva a mudanças na mesma direção da produção de U. Os bancos também são envolvidos porque a taxa de juros que eles cobram também é função do patrimônio líquido dos tomadores de empréstimos.

Se uma firma D vai à falência, não apenas a cadeia de fornecimento pode ser rompida – envolvendo firmas U – mas também pode ter início uma marcha da taxa de juros devido à mudança na atitude dos emprestadores. Seguem-se mais falências em uma avalanche de falências.

O resultado das simulações mostra que um ciclo econômico ao nível macroeconômico pode se desenvolver como uma consequência da interação complexa das condições financeiras dos agentes envolvidos. Podemos também reproduzir os principais fatos da demografia das firmas: leis exponenciais da distribuição do tamanho das firmas e a distribuição de Laplace das taxas de crescimento. A *regra da escolha do parceiro preferido* afeta essencialmente a assimetria da distribuição do tamanho das firmas e do grau de distribuição da rede.

Existem restrições óbvias sobre as condições que determinam o modelo que planejamos afrouxar no futuro. Uma extensão interessante é a introdução de mercado interbancário, que permitirá modelar o banco central e a política monetária. Além disso, gostaríamos de estender a regra de escolha do parceiro preferido também para os bens e para o mercado de trabalho. Isto implicará em um projeto mais sofisticado do comportamento das famílias, que até aqui foram essencialmente passivas. Nosso objetivo é, portanto, investigar a interação entre a formação de interligações de crédito e a dinâmica macroeconômica estendendo nosso modelo em diferentes direções, para uma rede de crédito “completa”.

Agradecimentos

Estamos gratos pelos comentários e críticas dos participantes do encontro da Eastern Economic Association, New York City, February 2007 – em particular a Duncan Foley, cujos comentários detalhados foram especialmente úteis, the Net-Work-shop at Catholic University in Milan, April 2007, the XLVIII Annual Meeting of the Italian Economics Society in Turin, October 2007. Por último, mas não menos importante, obrigado aos participantes do ESHIA/WEHIA 2008, Warsaw, June 19–21, e, em particular a Pedro Campos e Paul Ormerod por suas sugestões muito úteis. Agradecemos aos referees por seus comentários e críticas.

Referências

- Allen F, Gale D (2000) Financial contagion. *J Polit Econ* 108:1–33
- Axtell R (2001) Zipf distribution of U.S. firm sizes. *Science* 293:1818–1820
- Bak P, Chen K, Scheinkman J, Woodford M (1993) Aggregate fluctuations from independent sectoral shocks: Self-organized criticality in a model of production and inventory dynamics. *Ricerche Economiche* 47(1):3–30
- Barabási A-L, Albert R (1999) Emergence of scaling in random networks. *Nature* 386:509–512
- Battiston S, Delli Gatti D, Gallegati M, Greenwald B, Stiglitz J (2007) Credit chains and bankruptcy avalanches in supply networks. *J Econ Dyn Control* 31(6):2061–2084
- Bernanke B, Gertler M (1989) Agency costs, net worth and business fluctuations. *Am Econ Rev* 79:14–31
- Bernanke B, Gertler M (1990) Financial fragility and economic performance. *Q J Econ* 105:87–114
- Bernanke B, Gertler M, Gilchrist S (1999) The financial accelerator in quantitative business cycle framework. In: Taylor J, Woodford M (eds) *Handbook of macroeconomics*, vol 1C. North-Holland, Amsterdam

- Bianconi G, Barabási A-L (2001) Competition and multiscaling in evolving networks. *Europhys Lett* 54(4):436–442
- Boissay F (2006) Credit chains and the propagation of financial distress. ECB Working Paper No. 573
- Bottazzi G, Secchi A (2003) Why are distributions of firm growth rates tent-shaped? *Econ Lett* 80:415–420
- Delli Gatti D, Gallegati M, Greenwald B, Russo A, Stiglitz J (2006) Business fluctuations in a credit-network economy. *Phys A* 370:68–74
- Freixas X, Parigi B, Rochet J (2000) Systemic risk, interbank relations and liquidity provision. *J Money Credit Bank* 32:611–638
- Furfine C (2003) Interbank exposures: quantifying the risk of contagion. *J Money Credit Bank* 35(1):111–128
- Gaffeo E, Gallegati M, Palestini A (2003) On the size distribution of firms: additional evidence from the G7 countries. *Phys A* 324:117–123
- Gertler M, Gilchrist S (1993) The role of credit market imperfections in the monetary transmission mechanism. *Scand J Econ* 95(1):43–64
- Goyal S (2007) *Connections*. Princeton University Press, New Jersey
- Greenwald B, Stiglitz J (1993) Financial market imperfections and business cycles. *Q J Econ* 108:77–114
- Iori G, Jafarey S, Padilla F (2006) Systemic risk on the interbank market. *J Econ Behav Organ* 61(4):525–540
- Jackson M (2005) The economics of social networks. In: Blundell R, Newey W, Persson T (eds) *Proceedings of the ninth world congress of the Econometric Society*. Cambridge University Press, London
- Jackson M (2008) *Social and economic Networks*. Princeton University Press, New Jersey
- Jaffee D, Stiglitz JE (1990) Credit rationing. In: Friedman BM, Hahn FH (eds) *Handbook of monetary economics*, edn 1, vol 2, chap 16. North-Holland, Amsterdam, pp 837–888
- Mateut S (2001) Trade credit and monetary policy transmission. *J Econ Surv* 19(4):655–670
- Mateut S, Mizen P (2003) Trade credit and bank lending: An investigation in the determinants of UK manufacturing firms access to trade credit. Working Paper No. 2003/3. European University Institute
- Nadiri MI (1969) The determinants of trade credit in the US total manufacturing sector. *Econometrica* 37(3):408–423
- Nier E, Yang J, Yorulmazer T, Alentorn A (2007) Network models and financial stability. *J Econ Dyn Control* 31:2033–2060
- Nilsen J (2002) Trade credit and the bank lending channel. *J Money Credit Bank* 34:227–253
- Stanley M, Amaral L, Buldyrev S, Havlin S, Leschorn H, Maas P, Salinger M, Stanley E (1996) Scaling behavior in the growth of companies. *Nature* 379:804–806
- Stiglitz J, Greenwald G (2003) *Towards a new paradigm in monetary economics*. Cambridge University Press, London
- Summers B, Wilson N (2001) Trade credit and customer relationships. University of Leeds, Credit Management Research Center, Mimeo
- Vega-Redondo F (2007) *Complex social networks*. Econometric society monograph series, Cambridge University Press, London