

6 Estudos de Casos

Este capítulo apresenta os estudos de caso utilizados para avaliação da arquitetura de integração entre DimaX e o M-Law e da abordagem de Casos de Leis. O primeiro é um estudo de caso de um cenário pequeno, utilizado para validar a arquitetura como uma primeira instanciação do *framework* resultante, e refinar a abordagem de Casos de Leis proposta. Este estudo de caso é um cenário de negociação e foi apresentado na seção 4.1. O segundo estudo de caso é um cenário do SELIC – Sistema Especial de Liquidação e Custódia do Banco Central que será detalhado a seguir.

Como resultados deste segundo trabalho, obtiveram-se instrumentos para análise da dinâmica de variação de criticalidade do mediador SELIC durante as negociações de títulos, considerando as leis derivadas dos requisitos do sistema e do volume de instituições financeiras negociando ao mesmo tempo.

6.1. Cenário de Negociação

6.1.1. Requisitos

Um agente comprador inicia uma negociação enviando uma proposta de compra de um livro para uma lista de vendedores. Ele informa o preço máximo para o livro e o vendedor pode aceitar com uma proposta ou pode recusar. Se o vendedor aceitar, ele pode enviar propostas com preços menores ou iguais ao preço informado pelo comprador.

Quando o comprador receber a proposta do vendedor, ele terá 20 segundos para decidir se aceitará ou não. Após 20 segundos, se o comprador não tiver

respondido, o vendedor poderá oferecer outras propostas do mesmo livro para outros compradores. Senão, o vendedor assume o compromisso de vender aquele livro somente a este comprador. Se o comprador recusar sua proposta, o vendedor pode re-propor outro preço. Se o comprador aceitar, o vendedor informa o banco onde o pagamento deverá ser efetuado e o comprador assume o compromisso de pagar e enviar o comprovante de pagamento para que possa receber o livro. Quando isso ocorre, a cena acaba. Abaixo está ilustrado o protocolo na Figura 35, e uma tabela com as regras do cenário.

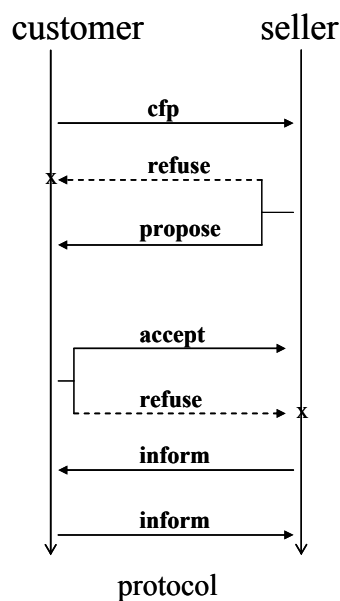


Figura 35 – Estudo de Caso: Protocolo

| Cenário: negociação | |
|----------------------------|---|
| 1. | Qualquer agente pode criar a cena. |
| 2. | Um agente comprador é o responsável por iniciar a conversa; |
| 3. | Um agente vendedor só pode começar a interagir em resposta a conversa iniciada por um agente comprador; |
| 4. | Agentes vendedores precisam enviar propostas com o preço sempre igual ou abaixo do preço sugerido pelo agente comprador. |
| 5. | Agentes compradores possuem 20 segundos para decidir se aceitam ou não uma proposta enviada por um agente vendedor. Após decorridos 20 segundos, será dada permissão ao vendedor para cancelar as negociações com o agente comprador; |
| 6. | Agentes vendedores não podem enviar propostas para o mesmo produto para outros agentes compradores caso já tenha oferecido para um e esteja aguardando sua resposta. |
| 7. | Um agente comprador, após aceitar a proposta do de um agente vendedor, possui a obrigação de efetuar o pagamento |

Tabela 5 - Requisitos da cena *negociação*

6.1.2. Diagramas de Casos de Leis

O diagrama de casos de leis é composto de dois atores: o vendedor e o comprador. Cada um desses atores irá representar um papel na especificação XMLaw.

A especificação do cenário de negociação está detalhada no caso de uso “Negociar produto”, que inclui dois outros casos de um: “Comprar produto” e “Vender produto”. O caso de uso “Comprar produto” estabelece o comportamento do agente comprador. E o caso de uso “Vender produto”, estabelece o comportamento do agente vendedor (Figura 36).

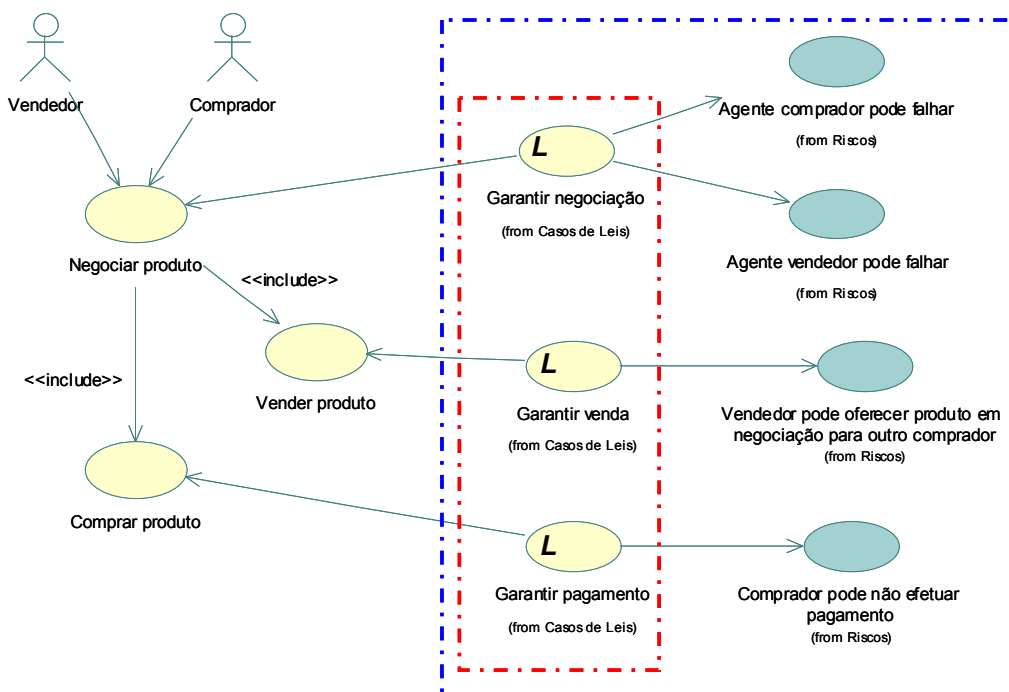


Figura 36 – Estudo de Caso: Diagrama de Casos de Leis

De acordo com os requisitos e ameaças do sistema, existem quatro macros riscos que podem ser derivados para os casos de uso especificados não atingirem seus objetivos: (i) o agente comprador pode falhar, (ii) o agente vendedor pode falhar, (iii) o agente vendedor pode oferecer um produto em negociação para outro comprador, e (iv) o comprador pode não efetuar o pagamento.

Para que estes riscos fossem atenuados, três casos de leis foram gerados: “Garantir negociação” que atenua as ameaças de falha, “Garantir venda” que atenua a ameaça de o agente vendedor oferecer um produto em negociação para

outro comprador, e “Garantir pagamento” que atenua a ameaça de o comprador não efetuar o pagamento.

Como um detalhamento, a Figura 37 ilustra a segunda parte do caso de leis “Garantir a Negociação (II/II), cujo risco associado é o fato de o agente comprador falhar por alguma motivo adverso, como por exemplo entrar em *deadlock*, e não poder responder à proposta do agente vendedor dentro do tempo estabelecido.

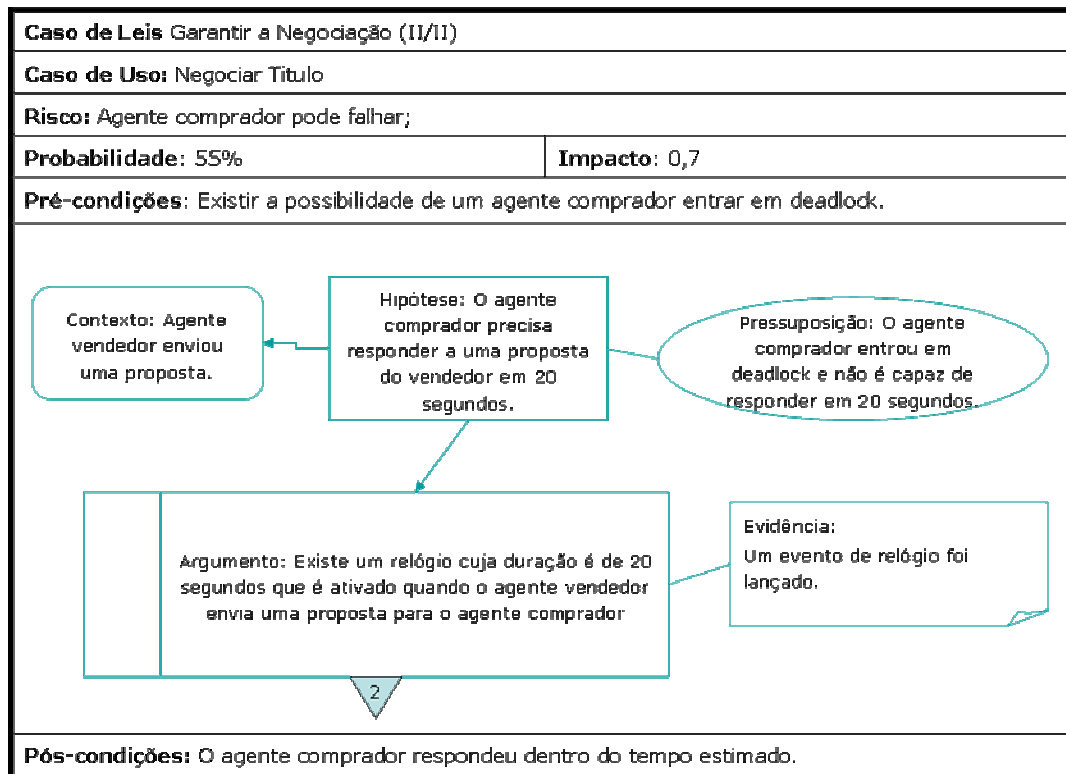


Figura 37 - Caso de Leis: Garantir a Negociação (II/II)

A hipótese que irá derivar leis para garantir o cumprimento dos requisitos do sistema e o monitoramento da criticalidade dos agentes de acordo as leis derivadas é a de que o agente comprador precisa responder a uma proposta do vendedor em 20 segundos. Esta hipótese está inserida no contexto de que um agente vendedor enviou uma proposta para o comprador e assume como premissa que o agente comprador entrou em *deadlock* e não é capaz de responder em 20 segundos.

O argumento resultante é que existe um relógio (*clock*) cuja duração é de 20 segundos e que é ativado quando o agente vendedor envia uma proposta para o agente comprador. Este argumento, por sua vez, tem como suporte a sub-hipótese: “Cada vez que um relógio é ativado, o módulo de criticalidade é ativado.” (veja

Figura 38), e a evidência do relógio ativo. Esta evidência pode ser retirada dos logs gerados pelo sistema.

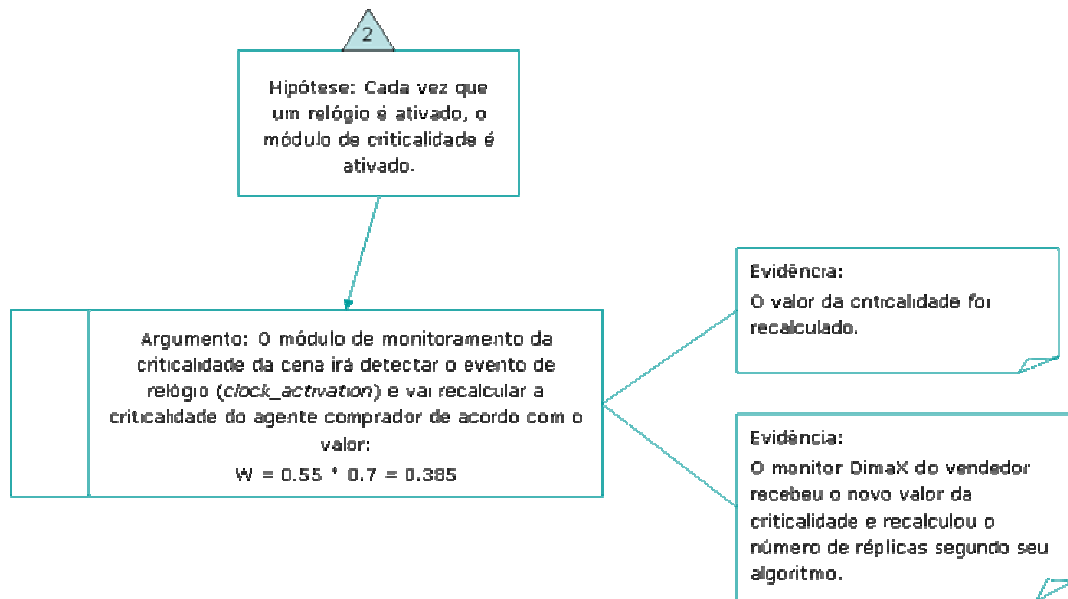


Figura 38 - Caso de Leis: Sub-hipótese

Esta sub-hipótese foi gerada para que fosse possível especificar o monitoramento da criticidade dos agentes envolvidos. Neste caso, somente o agente comprador terá a sua criticidade recalculada, visto que o objetivo é que, caso ele falhe, uma réplica o substitua antes de o relógio especificado expirar. Para isto, foi gerado o argumento de que o módulo de monitoramento da criticidade da cena irá detectar o evento de relógio (*clock_activation*) e vai recalculer a criticidade do agente comprador de acordo com o valor 0,385, gerado pela multiplicação da probabilidade de o agente falhar e o impacto desta falha especificados no início da descrição do caso de leis, na Figura 37. E a evidência que dá suporte para o argumento é a de que o log gerado conterá o novo valor da criticidade do agente, e existirão mais réplicas do agente comprador no grupo de réplicas de acordo com o novo valor da criticidade calculado.

6.1.3. Especificação da Criticidade

Do mesmo modo que se associou um valor de criticidade para o evento de ativação de relógio (*clock_activation*), outros valores foram associados para cada evento determinante de variação de criticidade do agente de acordo com a

probabilidade e impacto especificados em cada caso de leis. E a especificação resultante para este cenário está exibido na Tabela 6.

```

<CriticalityAnalysis>
  <Weight ref="role" value="0.2"/>
  <Weight ref="message" value="0"/>
  <Increases>
    <Increase event-id="customer" event-type="role_activation" value="0.3">
      <Assignee role-ref="customer" role-instance="$customer.instance"/>
    </Increase>
    <Increase event-id="seller" event-type="role_activation" value="0.3">
      <Assignee role-ref="seller" role-instance="$seller.instance"/>
    </Increase>
    <Increase event-id="time-to-decide" event-type="clock_activation" value="0.385">
      <Assignee role-ref="customer" role-instance="$customer.instance"/>
    </Increase>
    <Increase event-id="customer-payment-voucher" event-type="norm_activation"
    value="0.07">
      <Assignee role-ref="customer" role-instance="$customer.instance"/>
    </Increase>
  </Increases>
  <Decreases>
    <Decrease event-id="customer" event-type="role_deactivation" value="0.3">
      <Assignee role-ref="customer" role-instance="$customer.instance"/>
    </Decrease>
    <Decrease event-id="seller" event-type="role_deactivation" value="0.3">
      <Assignee role-ref="seller" role-instance="$seller.instance"/>
    </Decrease>
    <Decrease event-id="time-to-decide" event-type="clock_deactivation" value="0.385">
      <Assignee role-ref="customer" role-instance="$customer.instance"/>
    </Decrease>
    <Decrease event-id="customer-payment-voucher" event-type="norm_deactivation"
    value="0.07">
      <Assignee role-ref="customer" role-instance="$customer.instance"/>
    </Decrease>
  </Decreases>
</CriticalityAnalysis>

```

Tabela 6 - Negociação: especificação da criticalidade

Na especificação resultante, existem seis eventos que podem alterar a criticalidade dos agentes: ativação de papel (*role_activation*), desativação de papel (*role_deactivation*), ativação de relógio (*clock_activation*), desativação de relógio (*clock_deactivation*), ativação de norma (*norm_activation*) e desativação de norma (*norm_deactivation*).

As ativações de papel aumentam a criticalidade dos agentes quando eles entram em cena, para garantir a negociação. E as desativações, diminuem. A ativação de relógio garante que um agente comprador não deixe de responder a uma proposta por motivos de falha e, como visto anteriormente, aumenta a criticalidade do agente comprador. E a desativação diminui quando o relógio é desativado. A ativação de norma (no caso é a norma de obrigação) reforça o compromisso do agente comprador em efetuar o pagamento do produto e também

umenta sua criticalidade. E sua desativação, de forma análoga, diminui. O detalhamento dos outros casos de leis (que geraram essa especificação e da lei completa) está descrito nos anexos A1 e A2.

6.1.4. Avaliação dos resultados

Para ilustrar os resultados obtidos com este primeiro estudo de caso, dois gráficos foram gerados (Figura 39). O primeiro gráfico mostra a variação dos pesos ao longo dos estados do protocolo e os eventos que ocorreram. E o segundo gráfico mostra a variação do número de réplicas resultante da variação dos pesos ao longo dos mesmos estados do protocolo e os eventos que ocorreram.

Com estes gráficos ficou evidente que a criticalidade do agente comprador variou mais que a do agente vendedor, levando-se em conta a variação dos pesos e dos números de réplicas. Além disso, os pontos de inflexão na curva dos pesos, representam os mesmos pontos na curva do número de réplicas e mostram o quanto o peso influenciou no número de réplicas.

Como este estudo de caso não considera muitas variações de criticalidade e possui poucos elementos que a influenciem, os gráficos não são tão relevantes para se fazer uma análise mais detalhada dos resultados.

Entretanto, é interessante perceber como funciona essa variação em um contexto menor para depois analisar em um contexto maior (o que será feito na seção 6.2.4) onde protocolos não determinísticos foram utilizados e geraram dois tipos de análises para as variações.

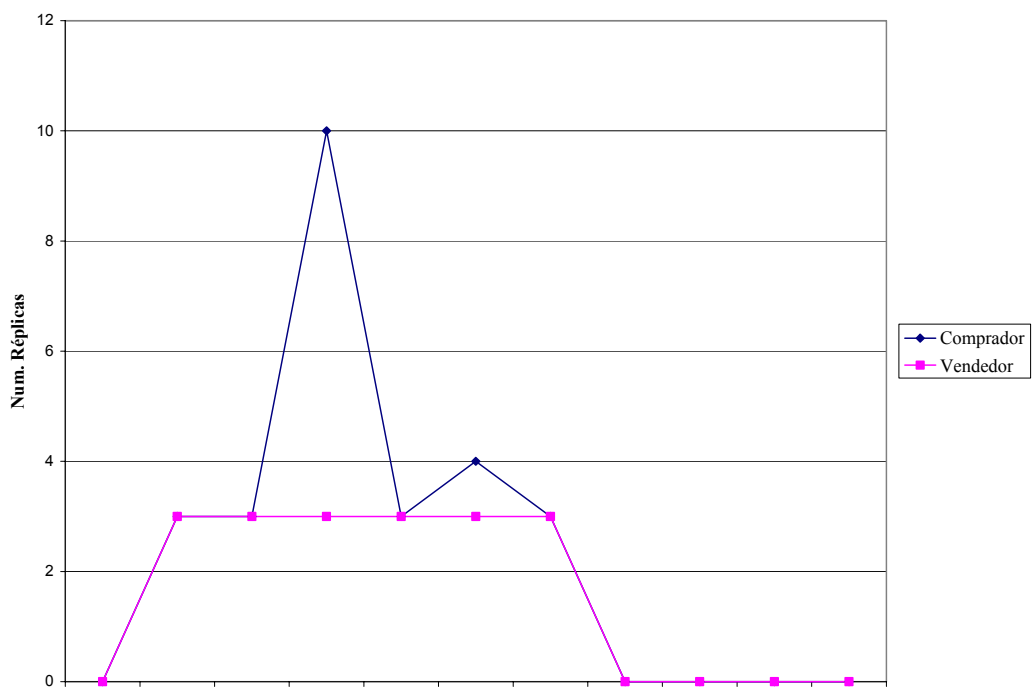
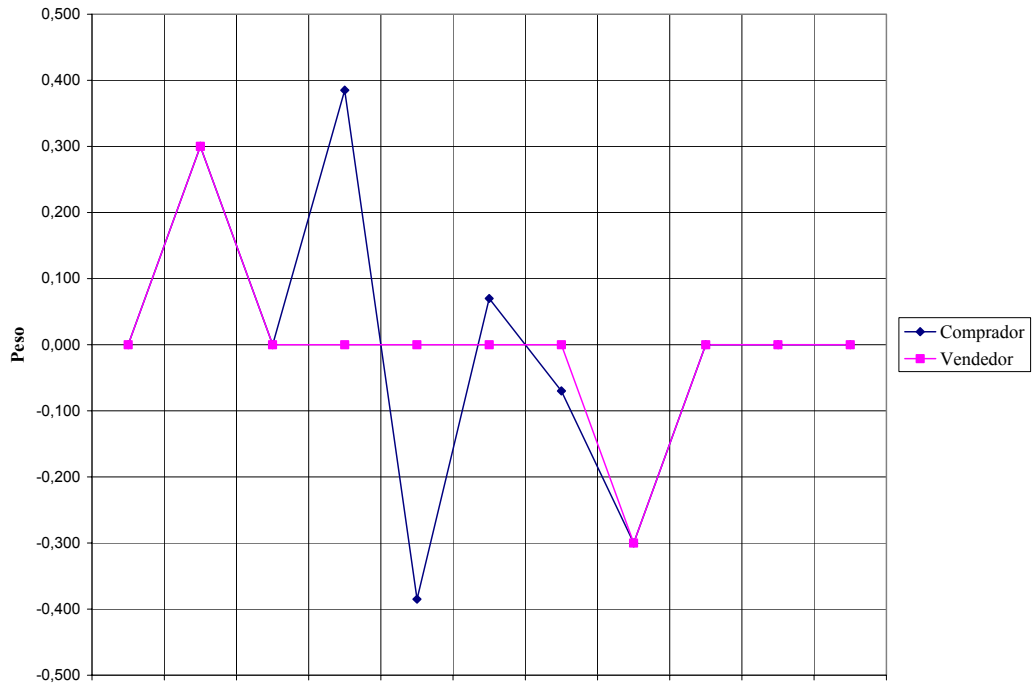


Figura 39 - Cena de Negociação: Resultados

6.2. SELIC: Sistema Especial de Liquidação e Custódia

O objetivo inicial deste trabalho foi aplicar a arquitetura de integração entre DimaX e o M-Law proposta em [52] através de um estudo de caso e que gerou a arquitetura final apresentada neste trabalho. O estudo de caso escolhido foi um cenário do SELIC – Sistema Especial de Liquidação e Custódia do Banco Central. Este objetivo foi estendido para incluir também mecanismos que permitisse analisar a variação da criticalidade do mediador SELIC – Sistema Especial de Liquidação e Custódia do Banco Central.

Este sistema foi escolhido por se tratar de um sistema distribuído de governança. Isto é, pode ser mapeado diretamente para um sistema multiagentes aberto governado por leis já que existe uma instituição reguladora (SELIC) que funciona como mediadora nas interações de compra e venda de títulos.

6.2.1. Requisitos

“O SELIC - Sistema Especial de Liquidação e Custódia - é o depositário central dos títulos da dívida pública federal interna. O Sistema também recebe os registros das negociações no mercado secundário e promove a respectiva liquidação, contando com módulos por meio dos quais são efetuados os leilões de títulos pelo Tesouro Nacional ou pelo Banco Central. Quanto às negociações, o sistema acata comandos de compras e vendas à vista ou a termo, definitivas ou compromissadas, adotando os procedimentos necessários às movimentações financeiras e de custódia envolvidas na liquidação dessas operações, realizadas uma a uma e em tempo real. Por intermédio do SELIC também é efetuada a liquidação das operações de mercado aberto e de redesconto com títulos públicos, decorrentes da condução da política monetária”⁴.

Existem dois tipos de operação de compra/venda no SELIC: operação definitiva e operação compromissada. A operação compromissada é a operação de

compra/venda de títulos com compromisso de revenda/recompra. Dentre as operações compromissadas definidas pelo SELIC, existem três tipos de operações:

1. Operação Compromissada Com PU (Preço Unitário) Definido: é a operação de compra/venda com compromisso de revenda/recompra **com** preço certo de liquidação futura..
2. Operação Compromissada Com PU (Preço Unitário) de retorno em aberto: é a operação de compra/venda com compromisso de revenda/recompra **sem** preço certo de liquidação futura.
3. Operação Compromissada Antecipação: é a operação compromissada de compra/venda cuja antecipação de recompra/revenda é parcial ou total.

O PU (Preço Unitário) é o preço de uma unidade do título que está sendo negociado. E uma operação de retorno é uma operação de revenda/recompra. O cenário apresentado neste trabalho lida com a compra e venda de títulos públicos associadas a uma operação compromissada. Uma operação compromissada ocorre quando as instituições financeiras (tais como bancos) tomam dinheiro por um dia para não fechar o caixa a zero ou negativo. Fazem isso com dinheiro emprestado por outra instituição financeira que, por sua vez, exige títulos públicos em garantia. Chama-se compromissada porque é feita com o compromisso de recompra do papel no dia seguinte, no momento em que o dinheiro retorna ao banco que emprestou.

Existem diversas requisitos que regulam a interação entre as partes em uma operação compromissada. Assim como diversos tipos de mensagens que poderiam ser enviadas e diversos comportamentos que deveriam ser implementados de acordo com tais mensagens, envolvendo normas e restrições.

Como o objetivo deste estudo de caso não é desenvolver o sistema completo com todas as suas regras para todos os cenários, e sim provar conceitos estabelecidos na solução proposta de cálculo de criticalidade a partir de elementos de leis, um cenário simplificado de interação foi retirado do sistema. Este cenário engloba todos os elementos de leis necessários para a prova de conceitos e validação da arquitetura proposta.

⁴ <http://www.andima.com.br/selic/oquee.asp>

Neste cenário simplificado de interação, participam três entidades: duas instituições financeiras e o SELIC. A Figura 40 ilustra o cenário. Abaixo segue um exemplo.

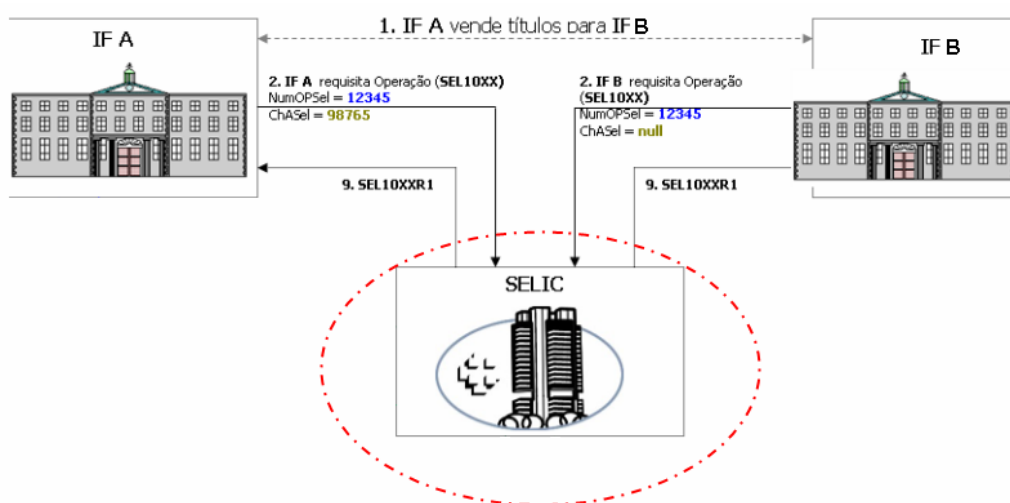


Figura 40 - Exemplo SELIC

A instituição financeira A (IFA) precisa vender seus títulos para a instituição financeira B (IFB) mas assume o compromisso de recomprá-los no dia seguinte. Na prática funciona como se a IFA estivesse tomando um empréstimo da IFB por um dia.

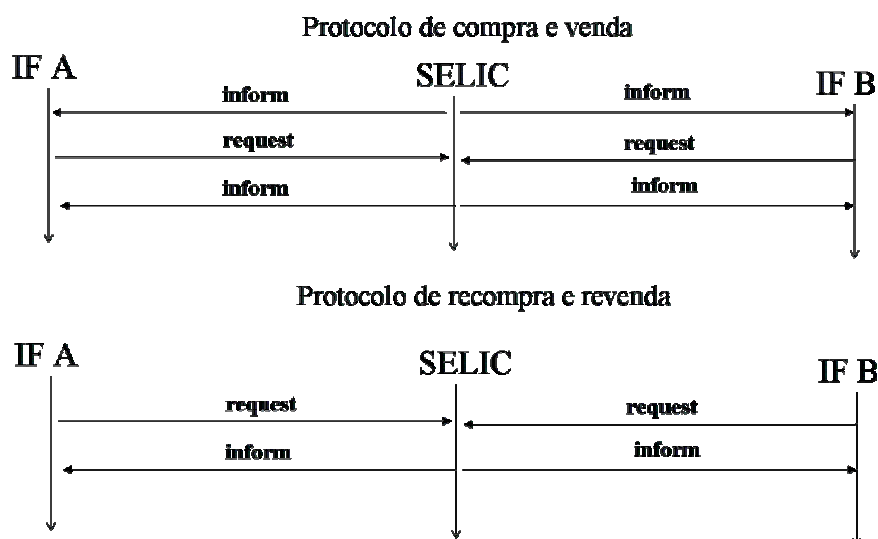


Figura 41 - SELIC: Protocolo FIPA

A Figura 41 ilustra o protocolo do cenário segundo o padrão FIPA e pode ser descrito a partir dos seguintes passos:

- O SELIC notifica as instituições financeiras que as operações estão abertas (*inform*);

- IFA requisita a venda dos títulos ao Selic (*request*);
- IFB requisita compra de títulos ao Selic (*request*);
- O Selic atualiza a conta depósito das duas instituições e informa o status da operação (*inform*);
- Um dia depois, IFA requisita compra dos títulos ao Selic (*request*);
- IFB requisita venda dos títulos ao Selic (*request*);
- Mais uma vez, o Selic atualiza a conta depósito das duas instituições e informa o status da operação(*inform*).

Durante esses passos, entretanto, algumas restrições são consideradas na execução do sistema. Como é uma operação compromissada, quando os títulos são vendidos, a instituição financeira vendedora adquire a obrigação de recomprar os títulos no dia seguinte. A cada dia que a recompra não é efetuada, uma multa será aplicada na instituição vendedora. Após 10 dias sem recomprar os títulos a instituição financeira está proibida de recomprá-los novamente. E, quanto à instituição compradora que comprara os títulos, como ela possui a obrigação de revendê-los, enquanto ela não os revende, após 1 dia, ela será multada diariamente. E, após 10 dias, ela será proibida de interagir no sistema.

6.2.2. Diagramas de Casos de Leis

O diagrama de casos de leis é composto de três atores: a instituição financeira compradora, a instituição financeira vendedora e o selic. Cada um desses atores irá representar um papel na especificação XMLLaw e, além disso, existirá um quarto papel para quando a instituição financeira entrar na organização porém não tiver iniciado nenhuma operação de compra e venda, já que uma instituição financeira pode ser, ora compradora, ora vendedora, na mesma organização.

A especificação do SELIC está detalhada no caso de uso “Negociar Título”, que inclui dois outros casos de um: “Comprar Título” e “Vender Título” (de forma análoga ao cenário de negociação descrito na seção 6.2. O caso de uso “Comprar Título” estabelece o comportamento do agente que representa a instituição financeira compradora. E o caso de uso “Vender Título”, estabelece o comportamento do agente que representa a instituição financeira vendedora (Figura 42).

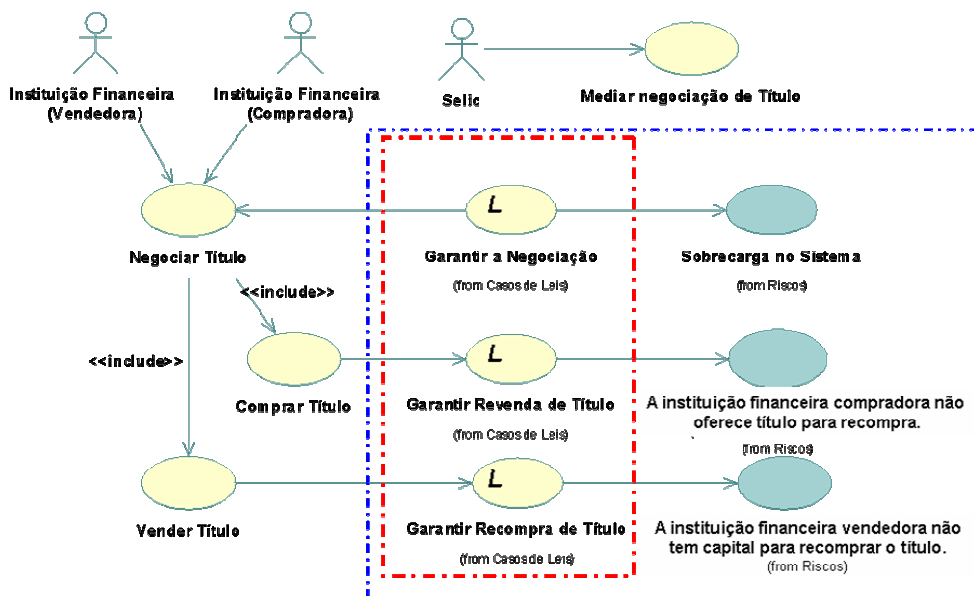


Figura 42 - SELIC: Diagrama de Casos de Leis

De acordo com os requisitos e ameaças do cenário simplificado descrito na seção anterior em uma operação compromissada, existem três macros riscos que podem ser derivados para os casos de uso especificados não atingirem seus objetivos: (i) ocorrer uma sobrecarga no sistema aumentando o tempo de resposta do agente selic e, possivelmente, o levando a falhas, (ii) a instituição financeira compradora, após uma operação de compra/venda compromissada não oferece título para recompra por parte da instituição financeira vendedora, e (iii) a instituição financeira vendedora não tem capital para recomprar o título que acabara de vender em uma operação compromissada.

Para que estes riscos fossem atenuados, três casos de leis foram gerados: “Garantir negociação” que atenua o risco definido em (i), “Garantir a Revenda de título” que atenua o risco definido em (ii), e “Garantir a Recompra de Título” que atenua o risco definido em (iii).

Como um detalhamento, a Figura 43 ilustra o caso de leis “Garantir a Negociação, cujo risco associado é o fato de o agente SELIC falhar por estar sobrecarregado com o volume de negociações em paralelo.

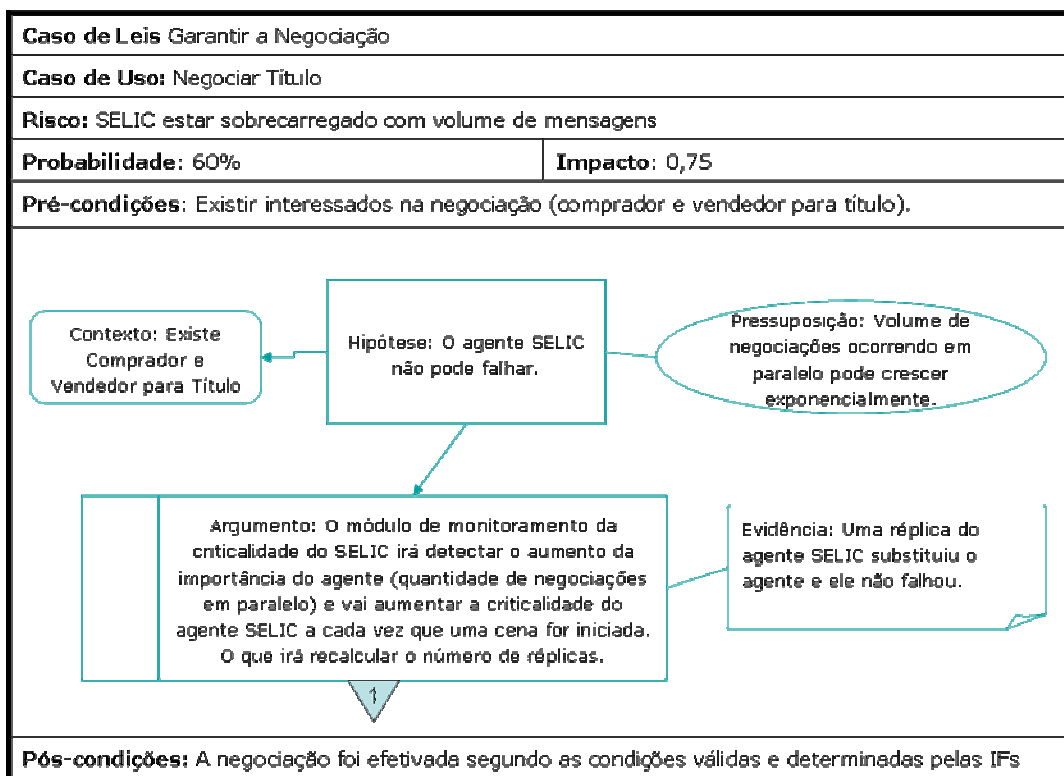


Figura 43 - SELIC: Caso de Leis: Garantir a Negociação

A hipótese é a de que o agente SELIC não pode falhar. Esta hipótese está inserida no contexto de que existem instituições financeiras compradoras e vendedoras para determinados títulos. E a pressuposição assumida como premissa é que o volume de negociações ocorrendo pode crescer exponencialmente, aumentando drasticamente o risco de ocorrer uma sobrecarga no agente SELIC. O argumento que justifica a hipótese é a de que o módulo de monitoramento da criticalidade do SELIC irá detectar o aumento da importância do agente (quantidade de negociações em paralelo) e vai aumentar a criticalidade do agente SELIC a cada vez que uma cena for iniciada. O que irá recalcular o número de réplicas.

Apesar de existir a evidência de que existem réplicas para o agente SELIC e que uma delas o substituiu sem problemas, o argumento não é suficiente para se derivar a especificação do módulo de monitoramento. Para isto existe a sub-hipótese “Cada cena iniciada altera a criticalidade do SELIC” (Figura 44), a qual assume como premissa que cenas são iniciadas a todo momento. O argumento desta sub-hipótese é de que o módulo de monitoramento da criticalidade da cena irá detectar a entrada do agente SELIC (evento de ativação de papel-*role_activation*) na cena de negociação. Ao detectar a entrada, o módulo irá

recalcular a sua criticalidade de acordo com o valor resultado da multiplicação da probabilidade do risco associado a este caso de leis (sobrecarga no SELIC) ocorrer e o impacto, isto é, $0,6 * 0,75$, o que resulta em 0,45. E as evidências que dão suporte ao argumento são: o *trace* nos arquivos de log registrando o novo valor de criticalidade do agente, e a presença de mais réplicas no grupo de réplicas do agente SELIC.

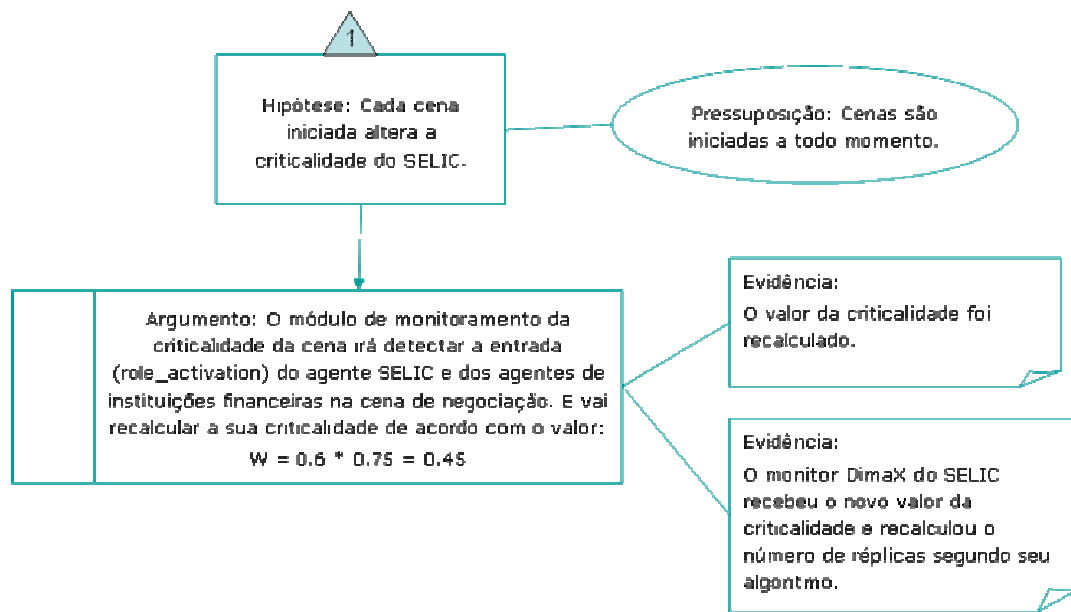


Figura 44 - SELIC: Caso de Leis Garantir a Negociação (detalhamento)

O mesmo raciocínio se daria para o cálculo da criticalidade considerando a ativação de papel para os outros agentes. Que teria uma importância menos no nosso contexto, mas não deixam de ser importantes para a organização quando estiverem em uma negociação de compra e venda compromissada sendo mediada pelo SELIC.

Além do caso de leis detalhado, seria interessante detalhar um segundo caso de leis para dar uma visão geral de como os outros elementos de leis (relógios, normas, ações e restrições) foram derivados e influenciam na criticalidade dos agentes representantes das instituições financeiras. Portanto, a Figura 45 ilustra o caso de leis “Garantir a Recompra de Títulos” que possui como risco o fato de a instituição financeira vendedora não ter capital para recomprar o título após uma compra e venda de operação compromissada.

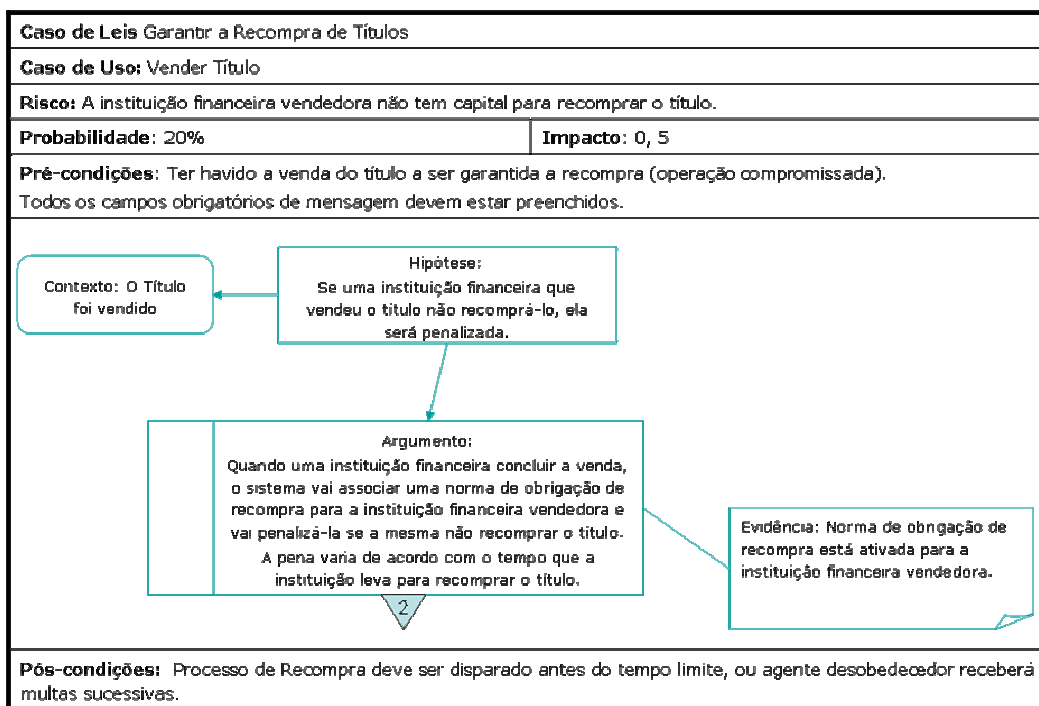


Figura 45 - SELIC: Caso de Leis Garantir a Recompra de Títulos

A principal hipótese deste caso é a de que se uma instituição financeira que vendeu o título em uma operação compromissada não recomprá-lo, ela será penalizada. E o argumento é que, quando uma instituição financeira concluir a venda, o sistema vai associar uma norma de obrigação de recompra para a instituição financeira vendedora e vai penalizá-la se a mesma não recomprar o título. A pena varia de acordo com o tempo que a instituição leva para recomprar o título. Este argumento tem como suporte duas sub-hipóteses e uma evidência. A evidência é a norma de obrigação ativa para a instituição financeira vendedora.

E as sub-hipóteses (Figura 46) consideram duas situações:

- Se a instituição financeira recomprar o título antes da data limite de permissão de recompra, ela deve ser penalizada com uma multa diária.
- Se a data limite de permissão de recompra do título for atingida e a instituição financeira não o tiver recomprado, ela não poderá mais recomprá-lo.

Na primeira sub-hipótese, supõe-se que a instituição financeira está sem capital, porém consegue comprar o título antes da data limite. O argumento que garante que a instituição financeira será penalizada é que, após a ativação da norma de obrigação, um relógio será ativado e diariamente vai gerar um evento, chamando no M-Law de *clock_tick*. Este evento, por sua vez, vai acionar uma ação que vai multar a instituição.

Já na segunda sub-hipótese, supõe-se que a instituição financeira está sem capital inclusive após a data limite. O argumento que garante que a instituição financeira não poderá mais efetuar a compra é que, quando chegar a data limite de permissão de recompra, um evento de desativação de relógio (*clock_deactivation*) será disparado. Este evento, por sua vez, vai ativar uma norma de proibição de recompra do título.

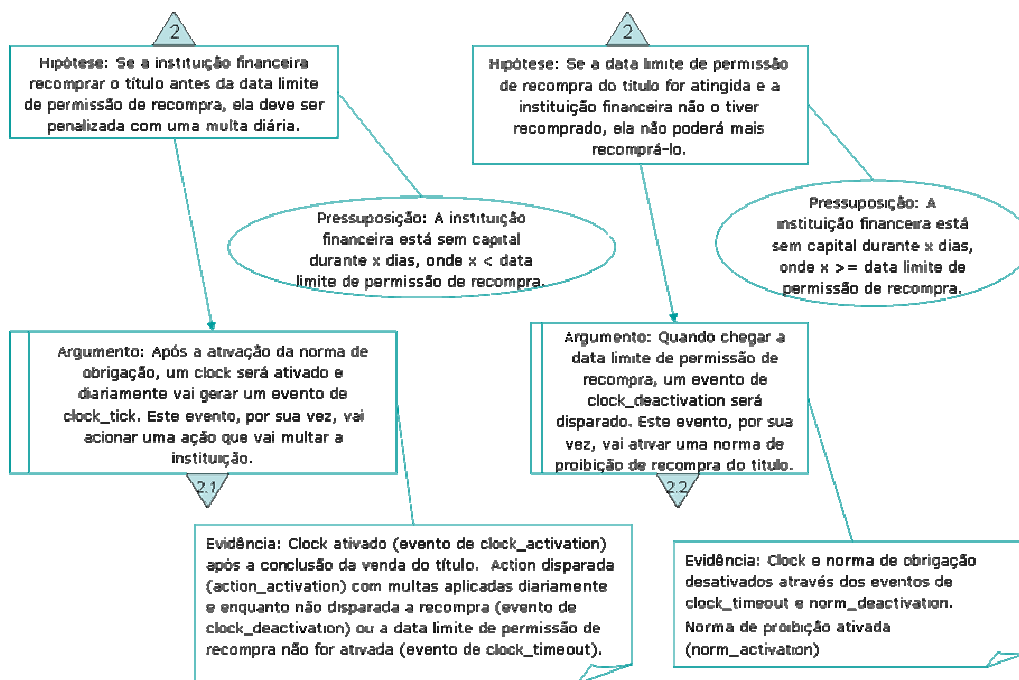


Figura 46 - SELIC: Caso de Leis Garantir a Recompra de Títulos (cont.)

Para cada um dos argumentos das sub-hipóteses, sub-hipóteses foram geradas para o monitoramento da criticalidade dos agentes envolvidos com os eventos de norma e relógio ativos pelo caso de leis.

A Figura 47 detalha o *rationale* da sub-hipótese gerada pelo argumento 2.1 para o monitoramento da criticalidade. A hipótese é que, cada norma e relógio ativos aumentam a criticalidade do agente da instituição financeira vendedora no momento em que a venda foi finalizada. E o argumento é que o módulo de monitoramento da criticalidade da cena irá detectar a ativação da norma (*norm_activation*) para o agente da instituição vendedora. E sua criticalidade será recalculada de acordo com o valor resultante da multiplicação da probabilidade de 20% pelo impacto 0,1, especificados no caso de leis para o risco em questão. E o mesmo ocorrerá para quando o módulo de criticalidade detectar a ativação do relógio.

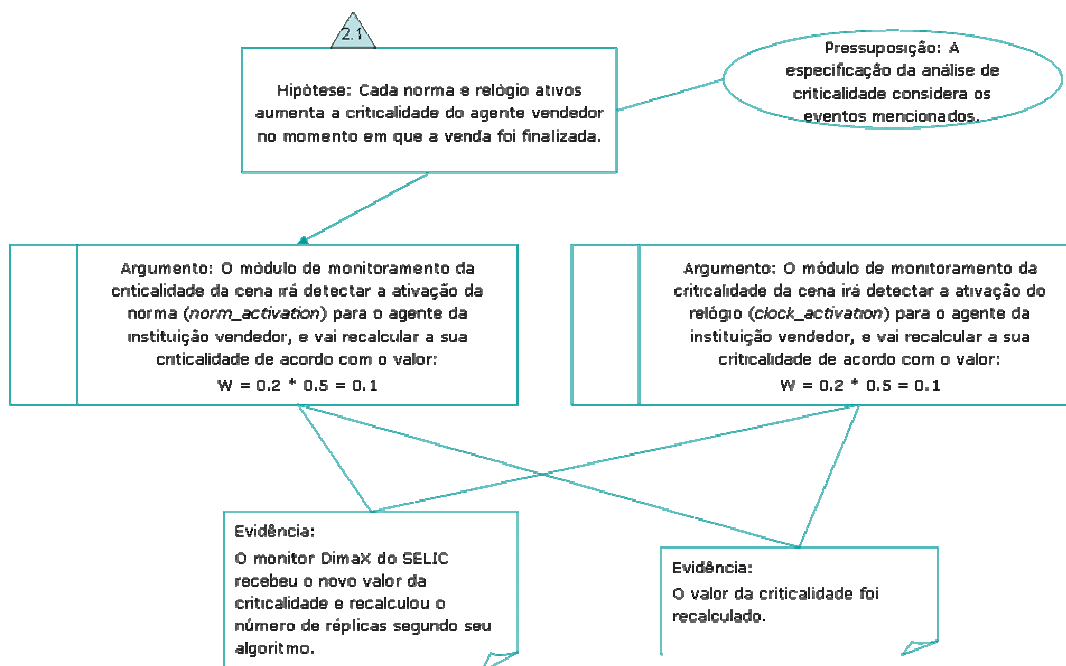


Figura 47 - SELIC: Caso de Leis Garantir a Recompra de Títulos (cont.)

Como um resultado do detalhamento dos casos de leis, o cenário apresenta duas cenas: uma define o protocolo de interação para a compra e venda de títulos compromissada com preço unitário aberto, e a outra define o protocolo de interação para a recompra e revenda de títulos referente a compra e venda de títulos compromissada com preço unitário aberto.

A Figura 48 sintetiza as duas cenas pertencentes à organização. Como visto nos casos de leis, uma série de leis (normas e relógios) foi derivada e restringe o início da segunda cena somente, além de aplicar penalidades caso sejam violadas.

Quando os títulos são vendidos, a instituição financeira vendedora adquire a obrigação (norma) de recomprar os títulos no dia seguinte. Neste momento, um relógio é ativado. Este relógio ficará ativo enquanto a instituição não recomprá-los. Caso ele seja desativado por *timeout*, dois outros relógios são ativados: um vai lançar eventos de *clock_ticks*. Em cada *clock_tick*, uma multa será aplicada na instituição vendedora que não recomprar os títulos; e o outro vai lançar um evento de *clock_timeout*, que vai ativar uma norma de proibição de recomprar os títulos de volta. Além disso, dois outros relógios serão ativados forçando a instituição compradora de revender os títulos que acabara de comprar. Enquanto ela não os

revende, após 1 dia, ela será multada diariamente. Após 10 dias, ela será proibida de interagir no sistema.

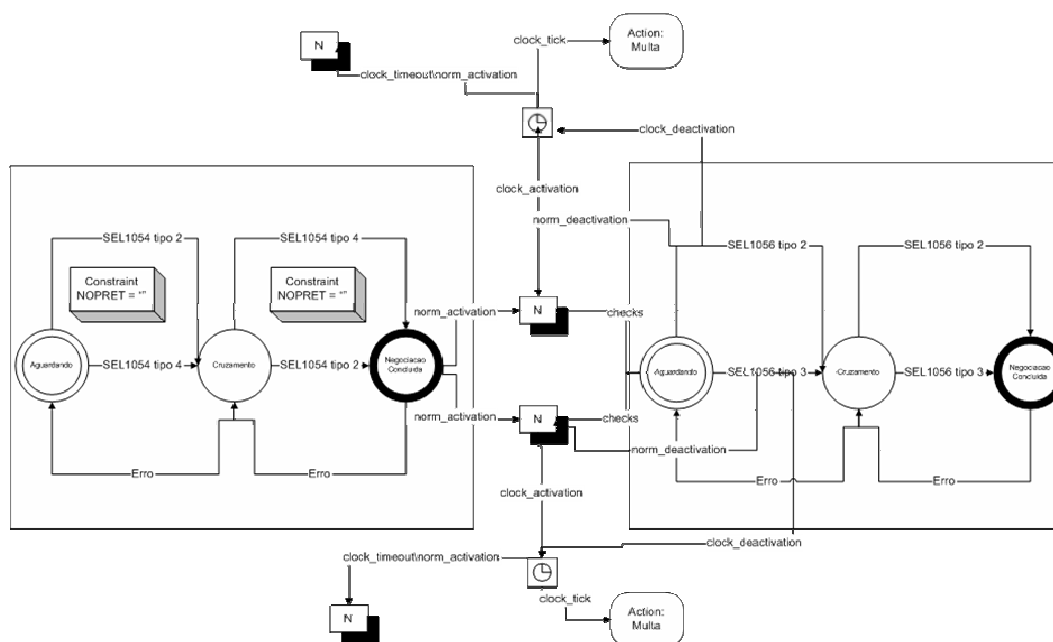


Figura 48 - SELIC: Detalhamento das cenas

6.2.3. Especificação da criticalidade

Como visto na Figura 48, existem normas e relógios no contexto da organização. Portanto, a análise de criticalidade foi especificada em três módulos: um no nível da organização e monitora os eventos de normas e relógios definidos na mesma, outro no nível da primeira cena, e o último no nível da segunda cena.

A Tabela 7 exibe a especificação do módulo de criticalidade no nível da organização. Como o M-Law possui uma propagação hierárquica de eventos, foi necessário especificar os pesos dos eventos do tipo mensagem, transição e papel como valor zero, já que esses eventos são monitorados pelo módulo de cada cena e não devem ser calculados pelo monitoramento central (da organização).

Como detalhado pelos casos de leis, os eventos de ativação de norma e relógio foram especificados na lista dos eventos que aumentam a criticalidade dos agentes. E os eventos de desativação foram especificados na lista dos eventos que diminuem a criticalidade.

```
<CriticalityAnalysis>
  <Weight ref="message" value="0"/>
  <Weight ref="transition" value="0"/>
  <Weight ref="role" value="0"/>
  <Increases>
```

```

<Increase event-id="norm_obligation_of_buying_again" event-type="norm_activation"
value="0.1">
  <Assignee role-ref="vendedor" role-instance="$vendedor.instance"/>
</Increase>
<Increase event-id="clock_obligation_buy_again" event-type="clock_activation"
value="0.1">
  <Assignee role-ref="vendedor" role-instance="$vendedor.instance"/>
</Increase>
<Increase event-id="norm_obligation_of_selling_again" event-type="norm_activation"
value="0.1">
  <Assignee role-ref="comprador" role-instance="$comprador.instance"/>
</Increase>
<Increase event-id="clock_obligation_of_selling_again" event-type="clock_activation"
value="0.1">
  <Assignee role-ref="comprador" role-instance="$comprador.instance"/>
</Increase>
</Increases>
<Decreases>
<Decrease event-id="norm_obligation_of_buying_again" event-type="norm_deactivation"
value="0.1">
  <Assignee role-ref="vendedor" role-instance="$vendedor.instance"/>
</Decrease>
<Decrease event-id="clock_obligation_buy_again" event-type="clock_deactivation"
value="0.1">
  <Assignee role-ref="vendedor" role-instance="$vendedor.instance"/>
</Decrease>
<Decrease event-id="norm_obligation_of_selling_again" event-type="norm_deactivation"
value="0.1">
  <Assignee role-ref="comprador" role-instance="$comprador.instance"/>
</Decrease>
<Decrease event-id="clock_obligation_of_selling_again" event-type="clock_deactivation"
value="0.1">
  <Assignee role-ref="comprador" role-instance="$comprador.instance"/>
</Decrease>
<Decrease event-id="norm_prohibition_of_buying_again" event-type="norm_activation"
value="0.1">
  <Assignee role-ref="vendedor" role-instance="$vendedor.instance"/>
</Decrease>
<Decrease event-id="norm_prohibition_of_trading" event-type="norm_activation"
value="0.1">
  <Assignee role-ref="comprador" role-instance="$comprador.instance"/>
</Decrease>
</Decreases>
</CriticalityAnalysis>

```

Tabela 7 - SELIC: Especificação da Criticalidade na Organização

Já a tabela 8 exibe a especificação da primeira cena. Como não era objetivo da análise da criticalidade monitorar a criticalidade dos agentes a partir das performativas das mensagens enviadas e, como o cálculo é automático a menos que se especifique que não seja para monitorar, o peso para o tipo de evento relacionado a mensagem recebeu valor zero.

Todos os eventos que aumentam ou diminuem a criticalidade dos agentes para o contexto da primeira cena estão exibidos nesta tabela. Como exemplo, note a especificação do aumento da criticalidade quando o evento de ativação de papel

para o agente SELIC é lançado. Como mencionado na seção anterior, o valor a ser enviado para o seu monitor no DimaX será de 0,45.

Como um segundo exemplo, note as especificações do aumento da criticalidade do agente requisitante por compra ou venda e do selic. Essas especificações estão relacionadas com o evento de ativação de transição e possuem como identificador o id da transição. Para mais detalhes de elementos referenciados nesta tabela, veja o anexo B1.

```

<CriticalityAnalysis>
  <Weight ref="role" value="0.1"/>
  <Weight ref="message" value="0"/>
  <Increases>
    <Increase event-id="selic" event-type="role_activation" value="0.45">
      <Assignee role-ref="selic" role-instance="$selic.instance"/>
    </Increase>
    <Increase event-id="comprador" event-type="role_activation" value="0.2">
      <Assignee role-ref="comprador" role-instance="$comprador.instance"/>
    </Increase>
    <Increase event-id="vendedor" event-type="role_activation" value="0.2">
      <Assignee role-ref="vendedor" role-instance="$vendedor.instance"/>
    </Increase>
    <Increase event-id="SEL1054tp4Compra" event-type="transition_activation"
    value="0.2">
      <Assignee role-ref="selic" role-instance="$selic.instance"/>
      <Assignee role-ref="comprador" role-instance="$comprador.instance"/>
    </Increase>
    <Increase event-id="SEL1054tp2Compra" event-type="transition_activation"
    value="0.2">
      <Assignee role-ref="selic" role-instance="$selic.instance"/>
      <Assignee role-ref="comprador" role-instance="$comprador.instance"/>
    </Increase>
    <Increase event-id="SEL1054tp4Venda" event-type="transition_activation"
    value="0.2">
      <Assignee role-ref="selic" role-instance="$selic.instance"/>
      <Assignee role-ref="vendedor" role-instance="$vendedor.instance"/>
    </Increase>
    <Increase event-id="SEL1054tp2Venda" event-type="transition_activation"
    value="0.2">
      <Assignee role-ref="selic" role-instance="$selic.instance"/>
      <Assignee role-ref="vendedor" role-instance="$vendedor.instance"/>
    </Increase>
  </Increases>
  <Decreases>
    <Decrease event-id="selic" event-type="role_deactivation" value="0.45">
      <Assignee role-ref="selic" role-instance="$selic.instance"/>
    </Decrease>
    <Decrease event-id="comprador" event-type="role_deactivation" value="0.2">
      <Assignee role-ref="comprador" role-instance="$comprador.instance"/>
    </Decrease>
    <Decrease event-id="vendedor" event-type="role_deactivation" value="0.2">
      <Assignee role-ref="vendedor" role-instance="$vendedor.instance"/>
    </Decrease>
    <Decrease event-id="SEL1054tp2CompraConfirmada" event-
    type="transition_activation" value="0.2">
      <Assignee role-ref="selic" role-instance="$selic.instance"/>
      <Assignee role-ref="comprador" role-instance="$comprador.instance"/>
  </Decreases>

```

```

        <Assignee role-ref="vendedor" role-instance="$vendedor.instance"/>
    </Decrease>
    <Decrease event-id="SEL1054tp4CompraConfirmada" event-
type="transition_activation" value="0.2">
        <Assignee role-ref="selic" role-instance="$selic.instance"/>
        <Assignee role-ref="comprador" role-instance="$comprador.instance"/>
        <Assignee role-ref="vendedor" role-instance="$vendedor.instance"/>
    </Decrease>
    <Decrease event-id="SEL1054tp2VendaConfirmada" event-
type="transition_activation" value="0.2">
        <Assignee role-ref="selic" role-instance="$selic.instance"/>
        <Assignee role-ref="comprador" role-instance="$comprador.instance"/>
        <Assignee role-ref="vendedor" role-instance="$vendedor.instance"/>
    </Decrease>
    <Decrease event-id="SEL1054tp4VendaConfirmada" event-
type="transition_activation" value="0.2">
        <Assignee role-ref="selic" role-instance="$selic.instance"/>
        <Assignee role-ref="comprador" role-instance="$comprador.instance"/>
        <Assignee role-ref="vendedor" role-instance="$vendedor.instance"/>
    </Decrease>
</Decreases>
</CriticalityAnalysis>

```

Tabela 8 - SELIC: Especificação da Criticalidade da 1ª Cena

A especificação da segunda cena é análoga ao da primeira, já que os protocolos são muito parecidos. A única diferença é que as normas e relógios que são ativados ao final da primeira cena, neste caso, não serão ativados, o que não reflete em nada neste fragmento da especificação, já que está no escopo da organização e não da cena.

```

<CriticalityAnalysis>
    <Weight ref="role" value="0.1"/>
    <Weight ref="message" value="0"/>
    <Increases>
        <Increase event-id="selic" event-type="role_activation" value="0.45">
            <Assignee role-ref="selic" role-instance="$selic.instance"/>
        </Increase>
        <Increase event-id="comprador" event-type="role_activation" value="0.2">
            <Assignee role-ref="comprador" role-instance="$comprador.instance"/>
        </Increase>
        <Increase event-id="vendedor" event-type="role_activation" value="0.2">
            <Assignee role-ref="vendedor" role-instance="$vendedor.instance"/>
        </Increase>
        <Increase event-id="SEL1056tp1Recompra" event-type="transition_activation"
value="0.2">
            <Assignee role-ref="selic" role-instance="$selic.instance"/>
            <Assignee role-ref="comprador" role-instance="$comprador.instance"/>
        </Increase>
        <Increase event-id="SEL1056tp3Recompra" event-type="transition_activation"
value="0.2">
            <Assignee role-ref="selic" role-instance="$selic.instance"/>
            <Assignee role-ref="comprador" role-instance="$comprador.instance"/>
        </Increase>
        <Increase event-id="SEL1056tp1Revenda" event-type="transition_activation"
value="0.2">
            <Assignee role-ref="selic" role-instance="$selic.instance"/>
            <Assignee role-ref="vendedor" role-instance="$vendedor.instance"/>
    </Increases>
</CriticalityAnalysis>

```

```

</Increase>
<Increase event-id="SEL1056tp3Revenda" event-type="transition_ activation"
value="0.2">
  <Assignee role-ref="selic" role-instance="$selic.instance"/>
  <Assignee role-ref="vendedor" role-instance="$vendedor.instance"/>
</Increase>
</Increases>
<Decreases>
  <Decrease event-id="selic" event-type="role_ deactivation" value="0.45">
    <Assignee role-ref="selic" role-instance="$selic.instance"/>
  </Decrease>
  <Decrease event-id="comprador" event-type="role_ deactivation" value="0.2">
    <Assignee role-ref="comprador" role-instance="$comprador.instance"/>
  </Decrease>
  <Decrease event-id="vendedor" event-type="role_ deactivation" value="0.2">
    <Assignee role-ref="vendedor" role-instance="$vendedor.instance"/>
  </Decrease>
  <Decrease event-id="SEL1056tp1RecompraConfirmada" event-
type="transition_ activation" value="0.2">
    <Assignee role-ref="selic" role-instance="$selic.instance"/>
    <Assignee role-ref="comprador" role-instance="$comprador.instance"/>
    <Assignee role-ref="vendedor" role-instance="$vendedor.instance"/>
  </Decrease>
  <Decrease event-id="SEL1056tp3RecompraConfirmada" event-
type="transition_ activation" value="0.2">
    <Assignee role-ref="selic" role-instance="$selic.instance"/>
    <Assignee role-ref="comprador" role-instance="$comprador.instance"/>
    <Assignee role-ref="vendedor" role-instance="$vendedor.instance"/>
  </Decrease>
  <Decrease event-id="SEL1056tp1RevendaConfirmada" event-
type="transition_ activation" value="0.2">
    <Assignee role-ref="selic" role-instance="$selic.instance"/>
    <Assignee role-ref="comprador" role-instance="$comprador.instance"/>
    <Assignee role-ref="vendedor" role-instance="$vendedor.instance"/>
  </Decrease>
  <Decrease event-id="SEL1056tp3RevendaConfirmada" event-
type="transition_ activation" value="0.2">
    <Assignee role-ref="selic" role-instance="$selic.instance"/>
    <Assignee role-ref="comprador" role-instance="$comprador.instance"/>
    <Assignee role-ref="vendedor" role-instance="$vendedor.instance"/>
  </Decrease>
</Decreases>
</CriticalityAnalysis>

```

Tabela 9 - SELIC: Especificação da Criticalidade da 2ª Cena

6.2.4. Avaliação dos Resultados

Esta seção apresentará a avaliação dos resultados obtidos quanto à criticalidade e ao número de réplicas relacionados aos pesos especificados. Antes de detalhar os gráficos, é necessário diferenciar os dois tipos de resultados obtidos. Como o protocolo de operação compromissada descrito na seção 6.2.1 é não determinístico, já que qualquer instituição financeira pode fazer uma

requisição de compra ou venda a qualquer momento e o protocolo foi projeto para que ou a instituição financeira compradora inicie a requisição, ou a instituição financeira vendedora o faça. Dois gráficos relacionando os pesos com o número de réplicas foram gerados. O primeiro gráfico considera que a instituição financeira compradora (IFA) iniciou a requisição (Figura 49). E o outro gráfico considera que foi a instituição financeira vendedora (IFB) (Figura 50).

Assim como percebido na análise dos resultados para o estudo de caso do cenário da negociação, os pontos de inflexão na curva dos pesos representam os mesmos pontos de inflexão na curva do número de réplicas. Além disso, tomemos o agente SELIC como exemplo (linha azul). Os momentos em que o SELIC está com as duas requisições e precisa finalizar a compra e venda, ou recompra e revendo, dos títulos, é o momento que possui o maior número de réplicas. Durante a operação compromissada, existe o período em que a compra e venda já foi realizada, porém a recompra e revenda ainda não. Este período é representado pela queda do número de réplicas do agente SELIC no gráfico e pela queda do número de réplicas dos outros agentes também. A instituição financeira B, entretanto, não possui uma elevada queda no seu número de réplicas, porque assumiu compromissos de recompra na cena anterior.

Com este resultado pode-se observar também que o número de réplicas da instituição financeira B não chegou a zero no final da execução como o número de réplicas do SELIC e da instituição financeira A. Isto é, o peso dado para a desativação do papel ou para a última transição da cena de recompra e revenda não foi suficiente para reduzir a zero. O que seria o correto, já que a instituição financeira B não estava mais com nenhum compromisso. Logo, com estas ferramentas de análise, fica fácil perceber quais pesos foram bem especificados e quais poderiam ser maiores ou menores.

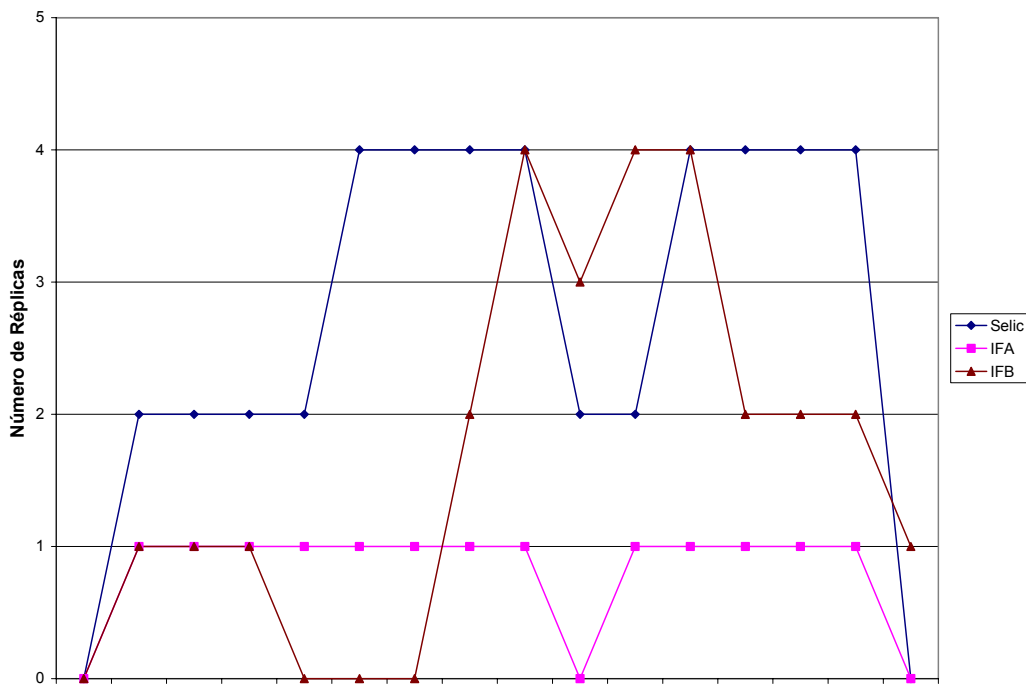
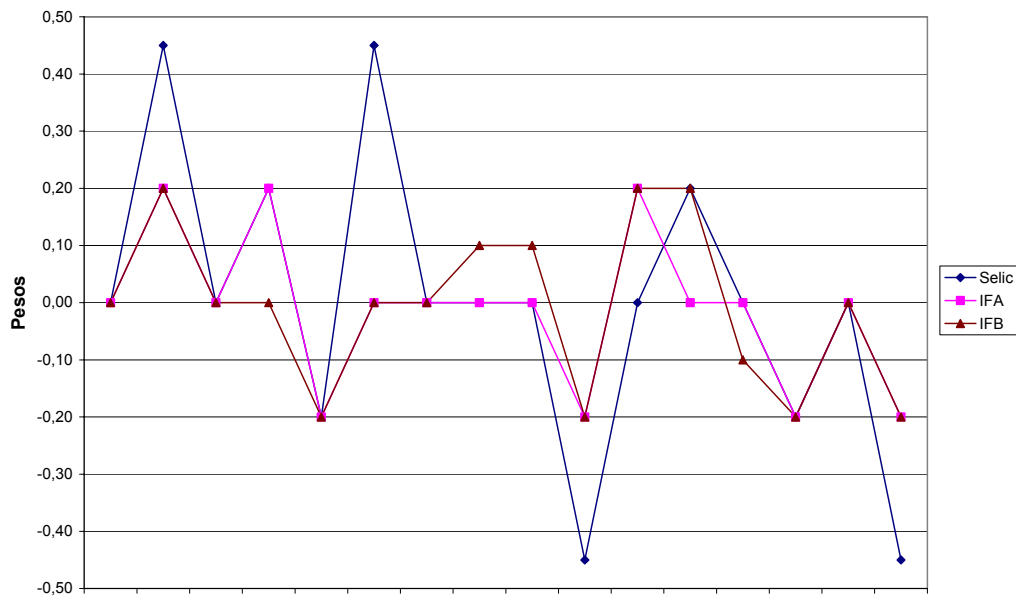


Figura 49 - SELIC: Pesos vs. Número de Réplicas I

De forma análoga, pode-se avaliar os gráficos quando a instituição financeira B inicia a requisição. Porém, o mais interessante de ter obtido os dois gráficos é que o não determinismo gerou um comportamento de cálculo de criticalidade para as mesmas cenas muito diferentes.

Analisando a curva do agente SELIC e do agente que representa a instituição financeira A na Figura 50, notamos como são diferentes em relação às

curvas da Figura 49. Principalmente para a instituição financeira A, que no primeiro caso na maioria do tempo tinha ao menos uma réplica e no segundo caso somente nos momentos de requisição. Isto é, o peso especificado para a ativação do papel não foi suficiente para gerar uma réplica, somente o peso para a requisição de compra. Caso o projetista de leis não esperasse que isso ocorresse, ele deveria ter especificado um peso maior para o evento de ativação de papel.

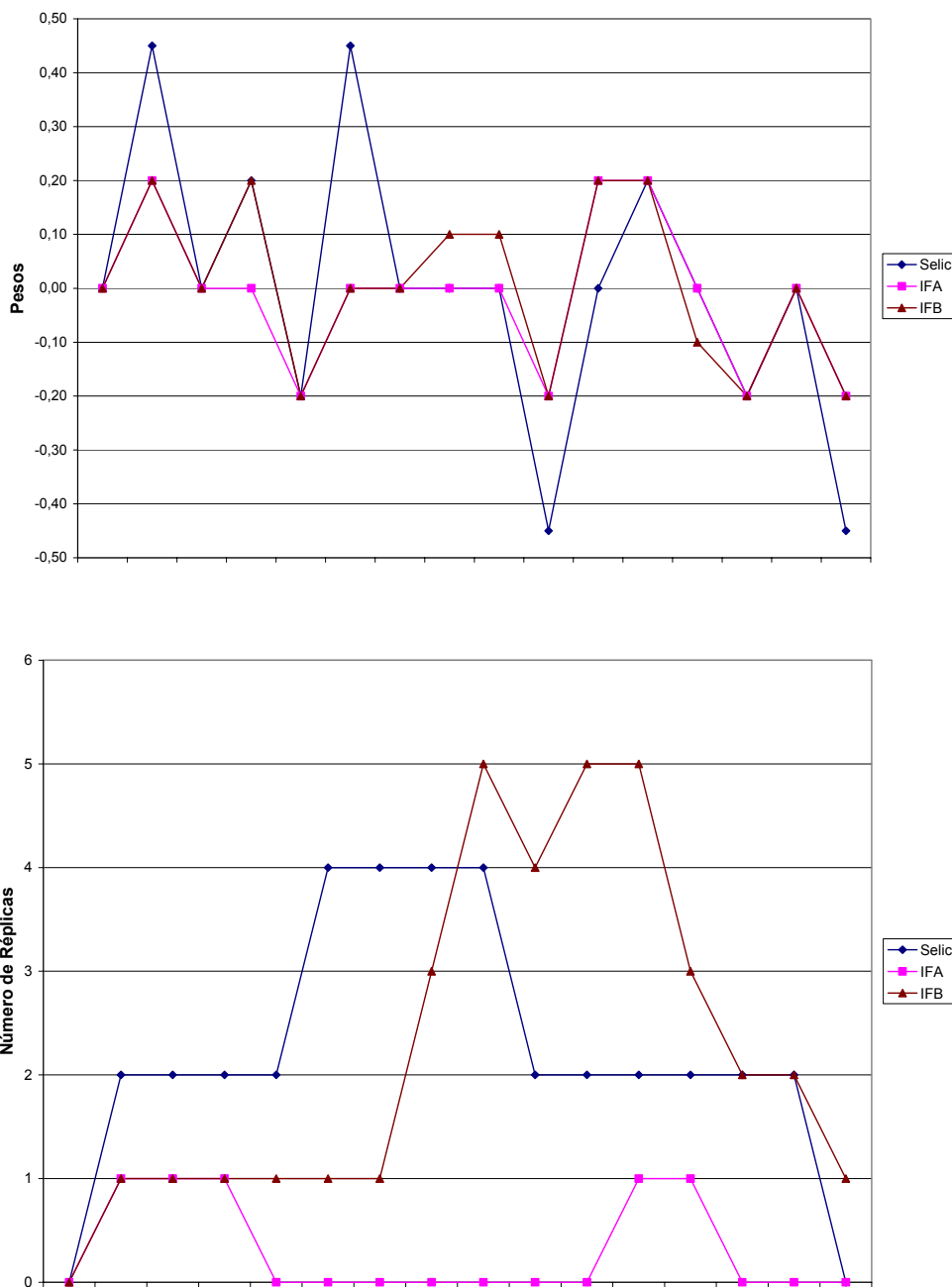


Figura 50 - SELIC: Pesos vs. Número de Réplicas II

Fazendo uma análise agora do peso quanto à criticalidade, três gráficos foram gerados: um gráfico para cada agente. Considerando o agente SELIC, o gráfico da Figura 51 ilustra a variação do peso em relação aos eventos em cada estado do protocolo com a criticalidade resultante.

O mais interessante desse resultado é que durante todo o processo da operação compromissada, por mais que o peso tivesse sido especificado com uma diminuição da criticalidade, o valor mínimo resultante foi de 0,045, garantido pela ativação de papel. Porém, quando a operação foi finalizada, ela chegou a zero como deveria ser.

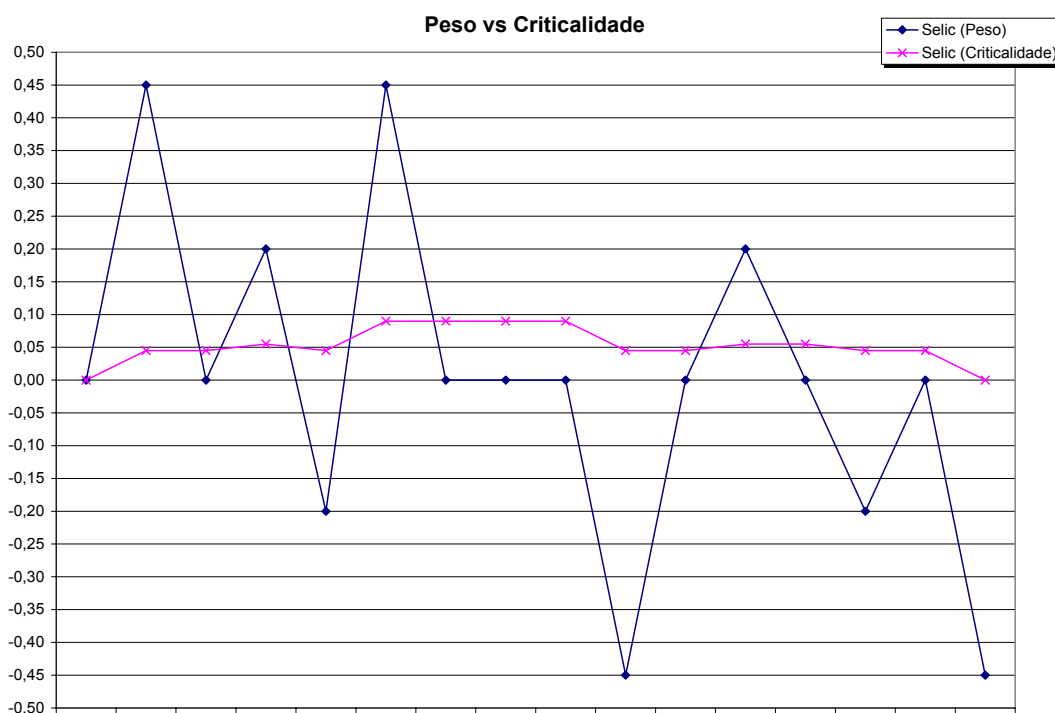


Figura 51 - SELIC: Peso vs. Criticalidade

O mesmo ocorreu para a instituição financeira A (Figura 52). A única diferença foi que, no momento em que o agente SELIC ficou esperando pela requisição de recompra ou revenda, a criticalidade da instituição financeira A chegou a zero. O que poderia não ser desejado caso fosse necessário garantir que este agente estaria disponível para a operação de revenda no momento em que a instituição financeira B quisesse recomprar os títulos.

Quanto à instituição financeira vendedora (IF B), foi interessante perceber como sua criticalidade variou mais que a dos outros agentes. Porém essa observação é fácil de explicar, visto que o agente SELIC, apesar de ter sido o estudo central da análise de criticalidade, já que é a instituição mais importante no

contexto de qualquer operação do sistema e que gerencia várias operações ao mesmo tempo, o normal é que sua criticidade fosse aumentando à medida que aumenta o número de transações em paralelo e mantenha um crescimento constante linear.

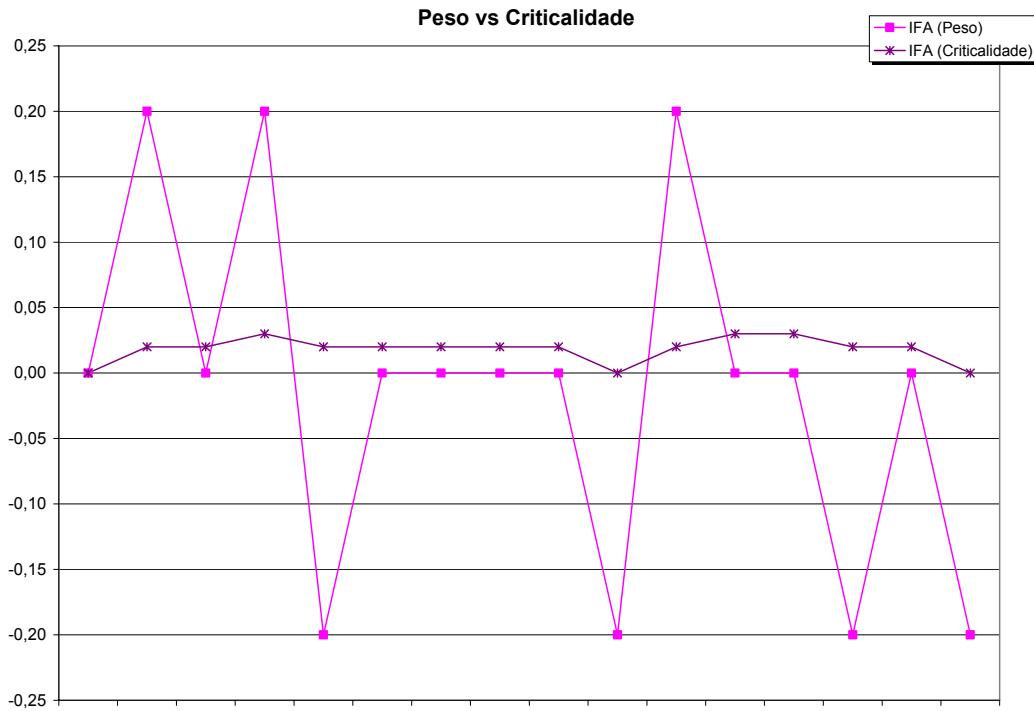


Figura 52 - IFA: Peso vs. Criticidade

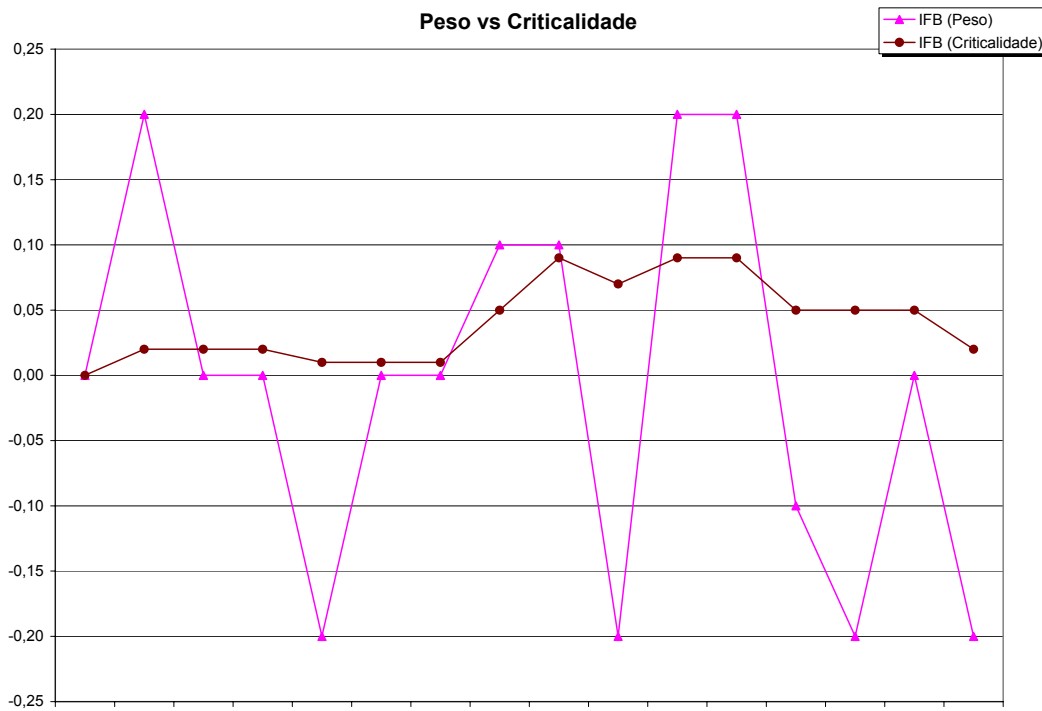


Figura 53 - IFB: Peso vs. Criticidade

O mesmo não ocorre com as instituições financeiras, que ora são compradoras, ora são vendedoras e estão passíveis de variações maiores em decorrência das leis especificadas, tais como normas, relógios, ações e restrições, o que resulta em penalidades aos compromissos caso estes não sejam cumpridos.