

## Aplicações: Modelos Dinâmicos para Análise de Estilo Baseada no Retorno

Neste capítulo, as técnicas apresentadas anteriormente são postas em prática, com o intuito de fornecer ao leitor uma perspectiva de seu funcionamento em situações com séries reais. O paradigma de modelagem a ser adotado vai desde os aspectos descritivos das séries de interesse, passando pela implementação e ajuste das tecnologias (no caso, modelos em EE sujeitos a restrições nas componentes de interesse), e finalizando com interpretações a respeito da análise realizada.

O problema escolhido para este exercício ilustrativo é o do ajuste de uma versão mais realista de *modelos de fatores para classe de ativos (asset class factor models)* para análise de estilo de fundos de investimento, apresentados pioneiramente em Sharpe (1988). A idéia é sugerir – e ajustar – modelos que herdem toda a essência da proposta original, mas que viabilize mudanças estocásticas ao longo do tempo, adquirindo, assim, um aspecto *dinâmico*.

A organização deste capítulo “prático” se dá da seguinte forma. Na seção 8.1, são discutidos a motivação e os aspectos conceituais sobre a análise de estilo baseada no retorno, de forma, inclusive, a estabelecer para o leitor as nomenclaturas pertinentes ao assunto. Ao final, são levantados dois problemas inerentes à técnica. Na seção 8.2, apresenta-se uma proposta de generalização da técnica original que vise a lidar com o *segundo* problema citado na seção anterior, juntamente com as soluções de ajuste, as quais são todas baseadas nas técnicas discutidas nos capítulos anteriores. Na seção 8.3, exercícios práticos finalmente são apresentados com dois fundos de investimento brasileiros e com uma carteira artificial devidamente gerada. Na ocasião, estarão disponíveis as análises estatísticas que fornecerão o *feedback* necessário para aqueles que queiram usufruir as técnicas estatísticas constituintes do tema desta Dissertação, não só para o tipo de aplicação aqui elegida, mas para outros referentes a outras áreas do conhecimento.

## 8.1

### Análise de Estilo Baseada no Retorno

#### 8.1.1

##### Motivação da Técnica

Nascida da necessidade de que se proporcionassem mais informações para os investidores de como seus fundos ou carteiras de investimento estariam expostos aos diferentes riscos do mercado financeiro, a *análise de estilo baseada no retorno* – ou simplesmente *análise de estilo* – [Sharpe (1988), Sharpe (1992), Varga e Valli (1998), Otten e Bams (2000), Brown e Goetzmann (2003) e de Roon, Nijman e ter Horst (2003)] é, em essência, um processo investigativo sobre a composição de um fundo ou carteira de investimento<sup>1</sup>. O seu foco principal é desvendar as exposições/alocações aos diferentes nichos de um mercado financeiro (mercado de ações, mercado de títulos de renda fixa, mercado de câmbio e respectivos derivativos, mercado de *commodities* etc.). Uma característica marcante da análise de estilo é que esta se caracteriza por ser uma averiguação *externa*, no sentido de que apenas informações a respeito de retornos do fundo e de índices do mercado financeiro – ambos de “fácil” obtenção – são consideradas.

De acordo com Sharpe (1988), a competência de um gestor de bens depende de algumas questões a serem por ele respondidas. Dentre as quais, duas desempenham papel crucial:

- ❑ Quais as classes de ativos a serem consideradas como representantes do mercado de capitais?
- ❑ Quais exposições da carteira a estas classes de ativos?

Então, de acordo com a definição dada anteriormente, tem-se que a análise de estilo visa a responder a *segunda* pergunta. No entanto, para que se realize uma análise de estilo efetiva, é necessário que se responda a *primeira* pergunta.

---

<sup>1</sup> Eventualmente, no decorrer do texto, o termo “carteira” poderá ser entendido como “fundo” também e vice versa.

A motivação original da análise de estilo foi a de determinar a exposição de fundos de pensão às classes de ativos. Uma vez que um fundo de pensão investe em fundos de investimento abertos à captação, e estes últimos estão expostos aos riscos das classes de ativo (de fato, pois há papéis de diversas naturezas em suas composições), então, por transitividade, o fundo de pensão também estará exposto aos riscos destas mesmas classes de ativos. A Figura 8.1 sintetiza este fluxo, para o caso de três fundos de investimento e quatro classes de ativos disponíveis. A setas indicam as influências possíveis.

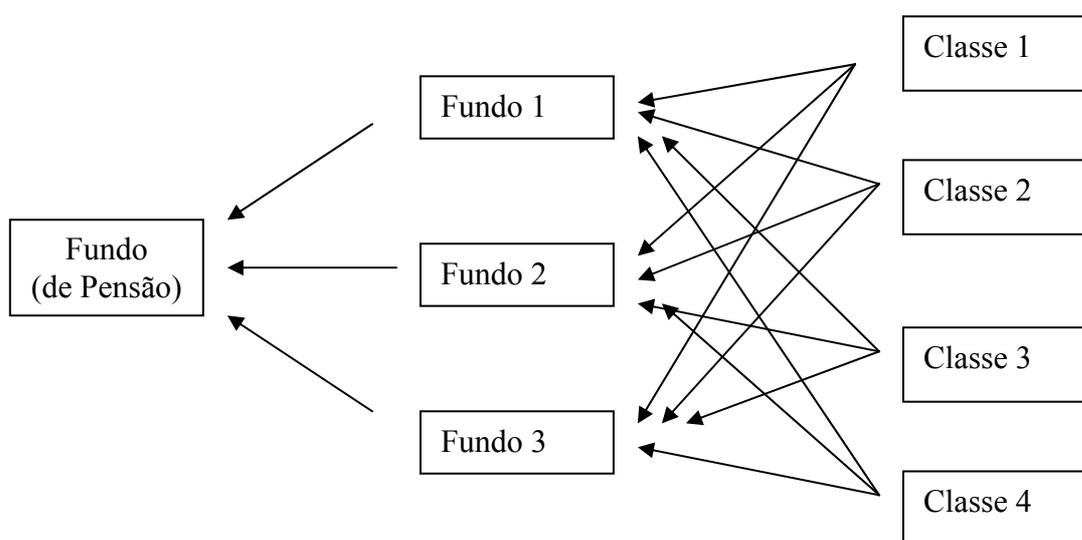


Figura 8.1 – Fluxo das exposições de um fundo de pensão às diferentes classes de ativos.

O conhecimento destas exposições é importante para que se tornem viáveis novas estratégias de investimento, incluindo-se também a prática de re-aloções eficientes do capital investido pelo fundo de pensão.

Com o passar dos anos, outras utilidades da análise de estilo vieram a ser reconhecidas pelos participantes do mercado de capitais (investidores em geral, bancos, *asset managements*, corretoras, analistas de risco, instituições que

terceirizam análises de investimentos, firmas de *rating*<sup>2</sup>, agentes reguladores, entre outros). Dentre estas utilidades, citam-se:

- Classificar fundos de investimento com mais subsídio empírico [vide Varga e Valli (1998)].
- Analisar a performance histórica de uma carteira.
- Checar se um dado gestor de uma carteira aberta à captação está em concordância com a política de investimento por ele prometida aos investidores.
- Criação de *benchmarks* para um mercado específico de fundos [vide Sharpe (1992)].

Dado este desenvolvimento em termos de divulgação da técnica – a ser explicada mais adiante – a análise de estilo desempenha hoje um importante meio para a promoção de algo que se coloca como fundamental para o funcionamento e a liquidez do mercado financeiro: *a transparência*.

### 8.1.2

#### Modelo de Fatores para Classes de Ativos

A análise de estilo baseada no retorno reside no ajuste do seguinte *modelo de fatores para classes de ativos* [Sharpe (1988) e Sharpe (1992)]:

$$R_t^c = \beta_1 R_{t1} + \beta_2 R_{t2} + \dots + \beta_m R_{tm} + \varepsilon_t \quad (8.1)$$

$$t = 1, 2, \dots,$$

---

<sup>2</sup> O *rating* de um banco, de administradoras de bens, de uma empresa, de um fundo, de uma debênture privada etc. é uma classificação de risco que se enquadra numa escala previamente estabelecida. Só pode ser atribuído por agências especializadas para este fim.

Pressupostos e definições:

- $R_t^c$  é o processo estocástico que representa retorno<sup>3</sup> da carteira no instante  $t$ .
- $R_{t1}, R_{t2}, \dots, R_{tm}$  são os processos estocásticos que representam os retornos de índices (Exemplos para o caso do Brasil: Ibovespa, CDI, Dólar etc.) representantes de  $m$  classes de ativos, as quais devem satisfazer os pressupostos:
  - (1) exaustividade (todo o mercado financeiro deve ser representado por estas  $m$  classes – em termos estatísticos, isto significa que não há falta de variável independente relevante no modelo);
  - (2) exclusividade mútua (um dado ativo do mercado só pode pertencer a uma classe de ativo);
  - (3) comportamento diferenciado (os retornos  $R_{t1}, R_{t2}, \dots, R_{tm}$  não devem ser muito correlacionados – ou seja, não há *multicolinearidade*).
- $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_m$  são as alocações (a priori desconhecidas, porém estimáveis) nos retornos dos índices que representam as classes de participações no retorno da carteira.
- $\varepsilon_t$  é processo estocástico de segunda ordem que representa a evolução do erro do modelo, o qual deve ser não correlacionado serialmente e possuir variância constante, diga-se  $\sigma^2$ . Este deve ser interpretado, neste contexto, como sendo a parcela do retorno referente à seletividade do gestor e às imperfeições da tentativa de reprodução de mercado por parte das  $m$  classes de ativos adotada (vide primeira pergunta apresentada no início da seção 8.1).

---

<sup>3</sup> O retorno a ser usado nesta Dissertação é o *aritmético*, cuja expressão analítica é dada por  $R_t \equiv 100 \left( \frac{V_t}{V_{t-1}} - 1 \right) \%$ , na qual  $V_t$  representa o valor do ativo (ou da carteira, ou do índice) no instante  $t$ .

Originalmente, as alocações (teóricas e estimadas) deviam ser entendidas como proporções dos recursos administrados pelo gestor da carteira nos diferentes nichos do mercado financeiro. Ora, mas isto é equivalente à imposição das seguintes restrições:

$$(1) \sum_{i=1}^m \beta_i = 1 \quad (8.2)$$

$$(2) \beta_i \geq 0, i = 1, 2, \dots, m$$

A restrição (1) dada em (8.2) é interpretada como sendo uma *restrição de carteira*. A restrição (2), por sua vez, representa a imposição de que a carteira *não está com o patrimônio alavancado ou com posições curtas em sua composição*, algo que, de acordo com Otten e Bams (2000), “ocorre para grande parte dos fundos de investimento” (sic).

Mais recentemente, de Roon, Nijman e ter Horst (2003) propuseram uma taxonomia para o ajuste do modelo dado em (8.1), a qual depende de quais restrições dadas em (8.2) estão sendo impostas. Esta taxonomia é assim descrita:

- *Análise de Estilo Fraca (Weak Style Analysis)*: nenhuma restrição é imposta;
- *Análise de Estilo Semi-Forte (Semi Strong Style Analysis)*: a restrição (1) é imposta;
- *Análise de Estilo Forte (Strong Style Analysis)*: as restrições (1) e (2) são impostas.

Observe-se que a Análise de Estilo Forte só se mostra apropriada para fundos que não praticam alavancagem e/ou investimentos em derivativos de venda, como posto por de Roon, Nijman e ter Horst (2003).

### 8.1.3

#### Implementação

O ajuste do modelo de fatores para classe de ativos depende de quais restrições serão impostas (ou, equivalentemente, de qual análise de estilo se tem em mente – vide taxonomia anterior) e de qual função de perda dever ser minimizada. A idéia é achar as participações estimadas  $\hat{\beta}_1, \hat{\beta}_2, \dots, \hat{\beta}_m$ , sujeitas (ou não!) às restrições em (8.2), que minimizem a função de perda escolhida. Em geral, escolhe-se a soma dos quadrados ou a variância amostral dos resíduos como sendo tal função.

Considere-se, sem perda de generalidade, que a função perda é a soma de quadrados dos resíduos. Se nenhuma restrição for imposta (isto é, a análise de estilo é a fraca) ou apenas a restrição (1) de (8.2) é adotada (isto é a análise de estilo é a semi-forte), então métodos usuais de modelos de regressão linear (mínimos quadrados ordinários e mínimos quadrados restritos, respectivamente) constituem em soluções de ajuste naturais. No entanto, se ambas as restrições em (8.2) devem ser impostas, então o problema ganha uma dimensão de complexidade um pouco maior, visto que são necessários métodos de otimização mais elaborados. Como exemplos destes, citam-se o método do gradiente descrito em Sharpe (1987) *apud* Sharpe (1988), Sharpe (1992) e Varga e Valli (1998), e o método de Kuhn Tucker apresentado em detalhes por Otten e Bams (2000).

Uma vez obtidas as alocações estimadas  $\hat{\beta}_1, \hat{\beta}_2, \dots, \hat{\beta}_m$ , e estas sendo devidamente interpretadas, *então estará consumada a análise de estilo.*

### 8.1.4

#### Defeitos Naturais da Técnica

Embora seja indiscutível o brilhantismo de William Sharpe na criação da análise de estilo para carteiras de investimento, assim como a importância dos desenvolvimentos feitos acerca da técnica ao longo do tempo, esta ainda carece de soluções mais consistentes para dois problemas a ela endógenos, os quais geram as principais fontes de críticas. Estes são:

- 1) Nem sempre estão disponíveis índices/*benchmarks* eficazes para a representação das possíveis classes de ativos do mercado financeiro.
- 2) As alocações verdadeiras de uma carteira, mesmo que de perfil passivo, nem sempre permanecem as mesmas ao longo do tempo, podendo ser mudadas *on line* pelo gestor – idéia compartilhada por Swinkels e Van Der Sluis (2001).

O primeiro problema, visto sob uma ótica estatística, se traduz como: *ausência de variáveis explicativas relevantes para um modelo de regressão*. No caso do mercado de fundos do Brasil, Varga e Valli (1998) salientam que isto ocorre principalmente na busca de índices de investimentos em renda fixa.

O segundo se faz presente a partir do momento que o modelo de fatores para classes de ativos, descrito pela expressão em (8.1), estabelece que as participações teóricas  $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_m$  – e conseqüentemente as estimadas  $\hat{\beta}_1, \hat{\beta}_2, \dots, \hat{\beta}_m$  – devem ser *fixas* ao longo do tempo.

Na próxima seção, serão propostas três soluções ao segundo problema, uma para cada tipo de análise de estilo (fraca, semi-forte e forte), seguidas de estratégias de implementação inteiramente baseadas na modelagem em EE (com ou sem restrições).

## 8.2

### Uma Proposta para Análise Dinâmica de Estilo

Uma maneira natural de se incorporar no modelo de fatores para classe de ativos o fato de que a carteira “muda” ao longo do tempo é atribuir uma dinâmica, bem definida, para os coeficientes do modelo. Em outras palavras, pode-se reconhecer que estes seguem *processos estocásticos não observáveis*, mas que podem ser preditos/estimados com base na evidência empírica sugerida por séries de retornos da carteira e dos índices representantes da classe de ativos.

Em termos analíticos, sugere-se que o modelo original seja substituído por um modelo *de regressão com coeficientes variantes de forma estocástica no*

*tempo (time varying regression model* ou, de forma mais simples, modelo *time varying*), cuja forma geral seria:

$$R_t^c = \beta_{t1}R_{t1} + \beta_{t2}R_{t2} + \dots + \beta_{tm}R_{tm} + \varepsilon_t = R_t'\beta_t + \varepsilon_t, \quad (8.3)$$

$$\beta_t \sim \text{P.E.}$$

no qual  $\beta_t = (\beta_{t1}, \beta_{t2}, \dots, \beta_{tm})'$ ,  $R_t = (R_{t1}, R_{t2}, \dots, R_{tm})'$ , e P.E representa um processo estocástico m-variado apropriado a ser definido.

### 8.2.1

#### Formulação em EE: Equação do Estado

Uma maneira interessante de tratar o problema com a abordagem sugerida seria através de modelos em EE. Inicialmente, constrói-se a equação do estado, a qual terá, devido à facilidade inerente, assim como sua grande adequação para problemas práticos, uma evolução linear e Gaussiana com matrizes tempo-invariante, independentemente de qual proposta de análise de estilo seja escolhida. Esta, então, seria dada por

$$\beta_{t+1} = T\beta_t + \eta_t, \quad \eta_t \sim \text{NID}(0, Q) \quad , \quad (8.4)$$

na qual T é uma matriz mxm, cheia ou diagonal, e Q é uma matriz mxm obviamente não negativa definida, cheia ou diagonal. Ambas as matrizes certamente compreendem parâmetros desconhecidos, os quais deverão ser estimados. Em termos intuitivos, a equação dada em (8.4) indica que as influências ou alocações da carteira: (1) mudam ao longo do tempo de forma estocástica e “suave”, e (2) dependem das alocações passadas, o que é razoável de se admitir. Observe-se, de acordo com a notação proposta pelas equações em (2.1), que  $R_t = I$  mxm para todo instante t.

Nesta Dissertação, opta-se por uma formulação particular daquela dada em (8.4), a qual, acredita-se, pode também dar representações adequadas para a evolução das alocações. Esta é a seguinte:

$$\beta_{t+1} = \beta_t + \eta_t, \eta_t \sim \text{NID}(0, Q), \quad (8.5)$$

sendo que  $Q$  é, eventualmente, *diagonal*. Com esta proposta – muito semelhante a um *passeio aleatório vetorial Gaussiano* – o processo de estimação de parâmetros se torna evidentemente muito mais simples e estável. *Parcimônia* é palavra-chave que caracteriza a preferência pela formulação dada em (8.5) em detrimento daquela mais geral apresentada em (8.4).

## 8.2.2

### Formulação em EE: Equação das Medidas

A equação do estado a ser adotada será de fato aquela dada em (8.5), independentemente da análise de estilo abordada. Mas a equação das medidas será dependente da escolha da análise. Como são três as possibilidades, há-de se propor três equações, uma para cada situação, a ser combinada com a equação de estado dada em (8.5). São elas:

- *Análise de Estilo Fraca:*

$$R_t^c = R_t' \beta_t + \varepsilon_t, \varepsilon_t \sim \text{NID}(0, \sigma^2) \quad (8.6)$$

Neste caso, o modelo em EE resultante é *linear, univariado e sem restrições nas componentes de interesse* (que, no caso, são as componentes naturais, devidamente interpretadas como sendo as alocações) – caracterizando desta forma o espírito da análise de estilo fraca. Logo, para ajustes deste, todo o ferramental apresentado no capítulo 3, juntamente com a estimação por (*quasi*) máxima verossimilhança discutida no capítulo 7, se faz necessário. Obviamente,  $Z_t \equiv R_t'$ ,  $d_t = 0$  e  $H_t = \sigma^2$ , para todo instante  $t$  [vide as equação em (2.1)]. Registra-se também que este modelo, a menos de um termo de intercepto e com  $Q$  diagonal na equação de estado em (8.5), é o mesmo sugerido nas expressões (4), (5) e (6) de Swinkels e Van Der Sluis (2001).

□ *Análise de Estilo Semi-Forte:*

$$\begin{pmatrix} R_t^c \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} R_t' \\ 1 \ 1 \ \dots \ 1 \end{pmatrix} \beta_t + \begin{pmatrix} \varepsilon_t \\ 0 \end{pmatrix}, \quad \begin{pmatrix} \varepsilon_t \\ 0 \end{pmatrix} \sim \text{NID} \left( \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} \sigma^2 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} \right) \quad (8.7)$$

Agora, o modelo em EE resultante é ainda *linear*, porém *bivariado*, devido ao aumento do vetor de medidas de forma que se imponha uma restrição nas componentes de interesse (novamente, estas são as naturais e devem ser entendidas como alocações), a qual é a de que todos os coeficientes devem somar 1 (um) para todo instante de tempo  $t$  – restrição esta herdada da proposta de análise de estilo semi-forte. De acordo com aquilo discutido no capítulo 4, o ajuste deste modelo com todo o ferramental do capítulo 3, ainda combinado com os métodos de (*quasi*) máxima verossimilhança do capítulo 7, garantirá que os atualizados e os suavizados (e, devido à equação de estado escolhida, os previstos também! - cf. Corolário 4.5) do vetor de estado satisfarão, para todo instante de tempo  $t$ , a restrição de carteira imposta. Observe-se que este é um exemplo interessante de como a Metodologia de Doran pode ser explorada de forma plenamente contextualizada, sendo que as matrizes  $A_t$  e  $q_t$  da equação em (4.1) são dadas por  $[1 \ 1 \ \dots \ 1]$  e  $1$ , respectivamente, para todo instante de tempo  $t$ . As matrizes do sistema dado nas equações em (2.1) são dadas de maneira óbvia. Por exemplo,  $Z_t \equiv \begin{pmatrix} R_t' \\ 1 \ 1 \ \dots \ 1 \end{pmatrix}$ , para todo  $t$ .

□ *Análise de Estilo Forte:*

$$R_t^c = \omega_{t1} R_{t1} + \omega_{t2} R_{t2} + \dots + \omega_{tm} R_{tm} + \varepsilon_t, \quad \varepsilon_t \sim \text{NID}(0, \sigma^2)$$

sendo que  $\omega_{ij} \equiv \frac{\exp(\beta_{ij})}{\exp(\beta_{t1}) + \exp(\beta_{t2}) + \dots + \exp(\beta_{tm})}$ ,  $j = 1, 2, \dots, m$  (8.8)

Nesta proposta, observa-se que o modelo em EE resultante é *não linear* (na equação das medidas, somente) e *univariado*, o qual incorpora ambas as restrições de uma análise de estilo forte, ou seja, as componentes de interesse

(agora representadas por  $\omega_{t1}, \omega_{t2}, \dots, \omega_{tm}$  e ainda entendidas como alocações)<sup>4</sup> somam 1 (um) e são não negativos. Para que se ajuste este modelo, sugerem-se os filtros não lineares aproximados propostos e debatidos no capítulo 6, juntamente com o método da máxima verossimilhança aproximada discutido no capítulo 7. Para este modelo resultante, observa-se que o vetor de estado, antagonicamente aos dois modelos anteriores, *não* devem ser interpretados como sendo o vetor de coeficientes estocásticos de um modelo *time varying* devidamente colocado em forma de espaço de estado, mas como sendo o *input* para o cálculo (não linear) dos coeficientes estocásticos (dados por  $\omega_{t1}, \omega_{t2}, \dots, \omega_{tm}$ ) do modelo. Observe-se que  $Z_t(\beta_t) = \omega_{t1}(\beta_t)R_{t1} + \omega_{t2}(\beta_t)R_{t2} + \dots + \omega_{tm}(\beta_t)R_{tm}$  e  $T_t(\beta_t) = \beta_t$ , sendo  $Z_t$  e  $T_t$  as funções dadas na especificação em (6.1), as quais, como pode ser averiguado diretamente, atendem o pressuposto de diferenciabilidade de quaisquer ordens<sup>5</sup>.

Com as propostas acima, tem-se então a conjectura de três tipos de *análise dinâmica de estilo* (ADE), cujos modelos associados podem ser chamados de *modelos dinâmicos de fatores para classe de ativos*. A ADE, assim como na sua versão *estática* tradicional (AEE), pode ser fraca, semi-forte e forte. O ajuste do modelo dinâmico de fatores para classe de ativos dependerá de qual ADE for escolhida. A Tabela 8.1 resume as correspondências necessárias.

Tabela 8.1 - Propostas de modelos em EE e de capítulos correspondentes com possíveis soluções para cada tipo de análise dinâmica de estilo.

Análise Dinâmica de Estilo	Modelo em EE (Eq. Das Medidas)	Capítulos Correspondentes
Fraca	(8.6)	3 e 7
Semi-Forte	(8.7)	3, 4 e 7
Forte	(8.8)	6 e 7

<sup>4</sup> Inspirando-se em Veiga(2003), tem-se que  $\omega_{ij}$  pode ser entendido como a proporção de recursos alocados no mercado de ativos representado pelo índice  $R_{ij}$ . Logo,  $\exp(\beta_{ij}) = V_{t-1,j} =$  total investido no mercado  $j$  em  $t-1$ .

<sup>5</sup> De acordo com a terminologia da Análise Real, estas funções *são de classe*  $C^\infty$ .

### 8.3

## **Análises Dinâmicas de Estilo para Fundos de Investimento Brasileiros**

Nesta seção, é verificada a performance dos modelos em EE para a ADE com dois fundos de investimento brasileiros: um de ações e outro cambial. Ao final, um terceiro exercício é praticado, no qual é estudada uma “carteira simulada”. O tamanho da série adotado varia de acordo com a análise a ser efetuada, e é reportado nos momentos adequados.

Os índices representantes das classes de ativos a serem usados são os seguintes:

- 1) **Certificado de Depósito Interbancário (CDI)**: Representa a classe de ativos referente aos investimentos em renda fixa, principalmente os de natureza pós-fixada à taxa de juros básica da economia;
- 2) **Cotação do Dólar para Venda**: Representa a classe de ativos referente aos investimentos atrelados ao câmbio;
- 3) **Índice da Bolsa de Valores do Estado de São Paulo (IBOVESPA)**: Representa a classe de ativos referentes aos investimentos nos papéis mais negociados na Bolsa de Valores de São Paulo (BOVESPA);
- 4) **Índice Geral de Preços Médio (IGP-M)**: Representa a classe de ativos referente aos investimentos indexados aos movimentos da inflação;
- 5) **Quantum-Cambial**: Representa a classe de ativos referentes aos investimentos em derivativos de câmbio com prazo de um ano; e
- 6) **Quantum-Pré Fixado**: Representa a classe de ativos referentes aos investimentos em derivativos de renda fixa com prazo de seis meses.

Os índices 5 e 6 foram propostos pioneiramente por Varga (1999), cujo objetivo era o de preencher a lacuna relativa à falta de índices para as respectivas classes de ativos.

Na Figura 8.2, encontram-se os gráficos no tempo para os retornos semanais destes índices propostos, dentro do período previamente descrito.

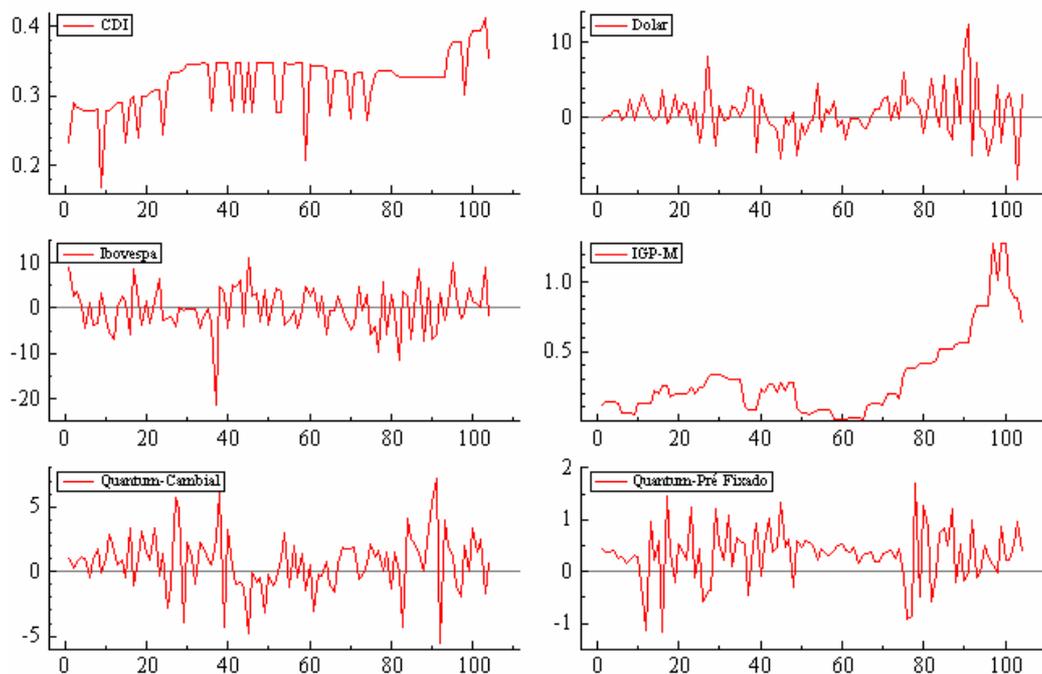


Figura 8.2 – Gráfico de linha no tempo para os retornos semanais dos índices representantes das classes de ativos.

As séries de quotas destes índices e dos demais, assim como as dos dois fundos a serem descritos e estudados na seqüência, foram obtidas por intermédio do sistema **Quantum Axis**, apropriado para a realização de análises quantitativas com fundos de investimento brasileiros. Maiores informações sobre este produto podem ser obtidas no endereço

[www.quantumfundos.com.br](http://www.quantumfundos.com.br) .

Ao final da ADE forte com cada um dos dois fundos, é apresentada uma AEE forte para fins de comparação entre as duas propostas. A AEE forte foi obtida pelo algoritmo de Sharpe e efetivamente implementada no sistema Quantum Axis.

O paradigma de modelagem em cada metodologia adotada para ajuste (vide Tabela 8.1) seguirá a ordem abaixo:

1º Passo) Breve revisão do modelo correspondente ao tipo de ADE proposto, de alguns pressupostos básicos e da metodologia empregada;

2º Passo) Apresentação de uma tabela com informações a respeito do ajuste;

3º Passo) Apresentação de um gráfico de linha no tempo para o retorno do fundo juntamente com seus respectivos valores previstos 1 passo à frente proveniente da metodologia usada para ajuste;

4º Passo) Apresentação de gráficos referentes às (pseudo-) inovações padronizadas para realização de diagnósticos *visuais*;

5º Passo) Apresentação de gráficos de linhas para as componentes de interesse estimadas (as quais serão, eventualmente, cognominadas de *alocações*); e

6º Passo) Apresentação de comentários e conclusões relativos às informações analíticas e gráficas, divulgadas do 2º ao 5º Passo.

### 8.3.1

#### Primeiro Exercício: Fundo de Ações

As primeiras ADEs (fraca, semi-forte e forte) desta Dissertação são feitas com o fundo mútuo Bradesco II FIA, o qual, de acordo com a Associação Nacional dos Bancos de Investimento e Desenvolvimento (ANBID – [www.anbid.com.br](http://www.anbid.com.br)), se enquadra na categoria Ações Ibovespa Ativo, a qual abrange fundos expostos ao mercado de ações que buscam rentabilidade maior que a do Ibovespa no longo prazo. Pela escolha dos índices descritos previamente, espera-se que este apresente exposições estimadas mais concentrada ao Ibovespa ao longo do tempo. As implementações dos três tipos de análise foram realizadas na linguagem Ox 3.0 [Doornick (2001)] com eventuais usos da biblioteca de funções Ssfpack 3.0 [Koopman, Shephard e Doornik (2002)]. A frequência adotada é a semanal, e o período escolhido para esta averiguação vai desde a primeira semana de 2001 até a última semana de 2002; tem-se, então, um total de 104 observações.

#### 8.3.1.1

##### Análise Dinâmica de Estilo Fraca

Esta se caracteriza pelo ajuste do modelo definido pelas equações dadas em (8.6) (equação das medidas) e em (8.5) (equação do estado), as quais não impõem nenhuma restrição nas alocações estimadas. A matriz de covariâncias  $Q$

adotada é *não diagonal*. A implementação do ajuste fez uso de funções da biblioteca Ssfpack 3.0, todas elas com base na inicialização difusa exata (vide subseção 3.6.2 desta Dissertação). O ajuste, assim como os posteriores a serem discutidos na seqüência, foi realizado em um Athlon XP 2200 Mhz com 256 Mb-RAM e levou menos de 5 (cinco) segundos para ser concluído, evidenciando grande eficiência computacional. A seguir, se encontram os resultados analíticos e gráficos pertinentes. Os parâmetros (neste e nos demais ajustes, as variâncias e covariâncias dos vetores de erros) estimados por máxima verossimilhança se encontram no Anexo 1.

Tabela 8.2 – Resultados analíticos referentes à análise dinâmica de estilo fraca para o fundo Bradesco II FIA.

Atributo	Valor
Log Verossimilhança	-116,499
Número de iterações	60
Número de instates difusos d	6
MSE	1,844
PseudoR <sup>2</sup>	0,915
Teste de Ljung-Box (30 lags)	23,374 (p-valor = 0,800)
Teste de Jarque-Bera	2,972 (p-valor = 0,226)

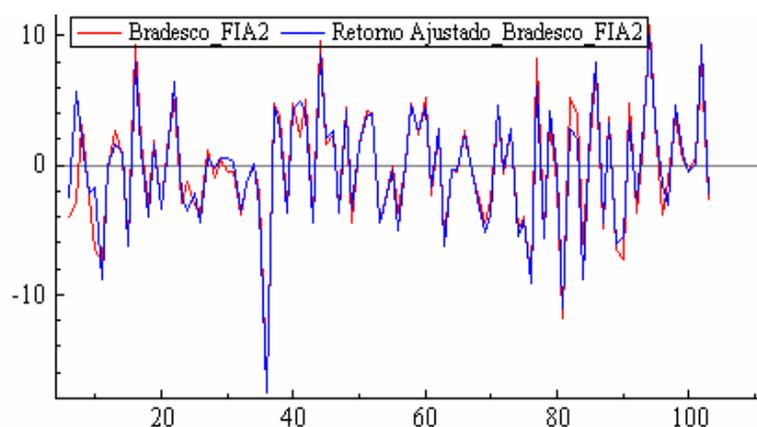


Figura 8.3 – Retornos real e predito para a análise dinâmica de estilo fraca para o fundo Bradesco II FIA.

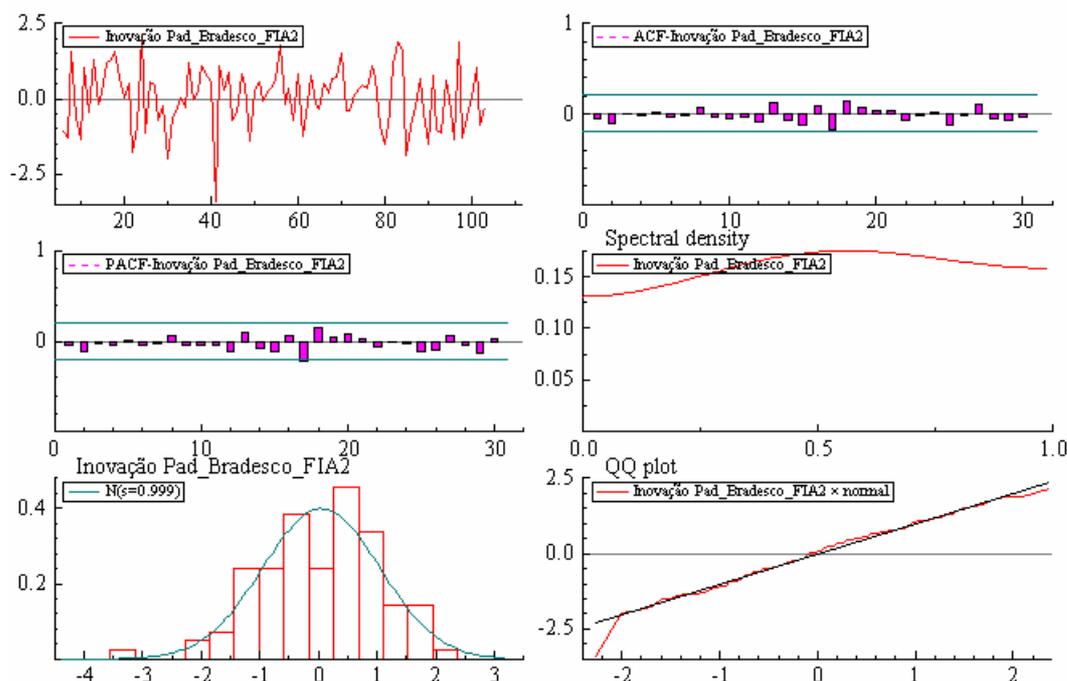


Figura 8.4 – Gráficos para as inovações padronizadas referentes à análise dinâmica de estilo fraca para o fundo Bradesco II FIA.<sup>6</sup>

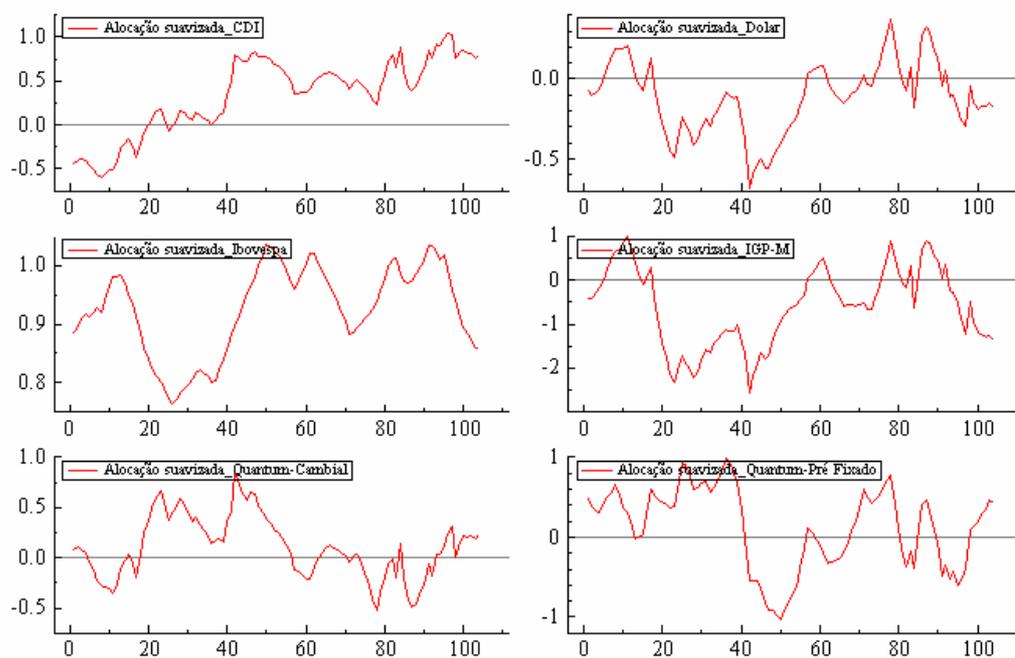


Figura 8.5 – Alocações suavizadas referentes à análise dinâmica de estilo fraca para o fundo Bradesco II FIA.

<sup>6</sup> O gráfico com o título *Spectral Density* apresenta a densidade espectral estimada das inovações padronizadas e utiliza a janela de Parzen com 5 autocorrelações para cada frequência. Se as inovações são provenientes de um processo ruído branco (este é claramente o protótipo desejado), então, espera-se encontrar a densidade espectral estimada em torno de  $1/2\pi \approx 0,16$ .

Citam-se os principais pontos pertinentes ao ajuste:

- Como já esperado, o instante máximo do período difuso foi de  $d = 6$  (com efeito: o modelo é univariado e o vetor de estado possui todas as suas seis componentes seguindo processos não estacionários – vide equação 8.5 e discussão contida no primeiro parágrafo da subseção 7.1.2.1);
- De acordo com a Figura 8.3 e com o  $\text{PseudoR}^2$  disposto na Tabela 8.2, pode ser aceito que o modelo em EE proposto apresentou poder preditivo excelente. O MSE, por ser dependente da escala das observações, não pode ser tomado como indício absoluto para esta análise. No entanto, este será usado na comparação de modelos, como será exemplificado mais adiante;
- A partir dos gráficos para as inovações padronizadas na Figura 8.4 e dos testes praticados e documentados ao final da Tabela 8.2, conclui-se bom comportamento das inovações padronizadas, fato este que, combinado ao poder preditivo de alta qualidade, corrobora a adequação do modelo para descrever o comportamento histórico dos retornos semanais do fundo Bradesco II FIA.

Quanto às interpretações a respeito da evolução dinâmica das alocações nas classes de ativos, enumeram-se como principais as seguintes:

- De acordo com o processo de suavização descrito graficamente na Figura 8.5, pode-se perceber uma concentração de recursos mais persistente em torno do Ibovespa, a qual se caracteriza pela proximidade da componente do valor 1 (um) ao longo do tempo;
- No entanto, observa-se uma queda momentânea desta componente entre os instantes  $t = 20$  e  $t = 40$  (os quais correspondem à primeira semana de Maio/2001 e à última semana de Setembro/2001, respectivamente);
- Quanto às eventuais oscilações mais “fortes” verificadas na Figura 8.5, tanto negativas quanto positivas das alocações suavizadas referentes aos outros índices, entende-se que estas não possuem um significado interpretável, devido ao tipo de gestão adotada pelo fundo em voga.

### 8.3.1.2

#### Análise Dinâmica de Estilo Semi-Forte

Neste momento, são apresentados e discutidos os resultados obtidos com o ajuste do modelo em EE descrito pelas equações em (8.7) (equação das medidas) e em (8.5) (equação do estado), o qual, como já sobejamente discutido, se caracteriza por uma proposta de ADE semi-forte (isto é, as alocações estimadas devem somar um em todo instante de tempo). A matriz de covariâncias  $Q$  adotada é novamente *não diagonal*. A implementação do ajuste, assim como no caso da ADE fraca, utilizou funções da biblioteca Ssfpack 3.0, todas elas com base em inicialização difusa exata. Este ajuste também teve duração extremamente rápida, demandando também menos de 5 (cinco) segundos para ser concluído. Abaixo, encontram-se os resultados analíticos e gráficos pertinentes. No Anexo 1, estão disponíveis os parâmetros estimados por máxima verossimilhança.

Tabela 8.3 – Resultados analíticos referentes à análise dinâmica de estilo semi-forte para o fundo Bradesco II FIA.

Atributo	Valor
Log Verossimilhança	372,749
Número de iterações	76
Número de instates difusos $d$	9
MSE	0,930
PseudoR <sup>2</sup>	0,957
Teste de Ljung-Box (30 lags)	29,173 (p-valor = 0,509)
Teste de Jarque-Bera	1,292 (p-valor = 0,524)

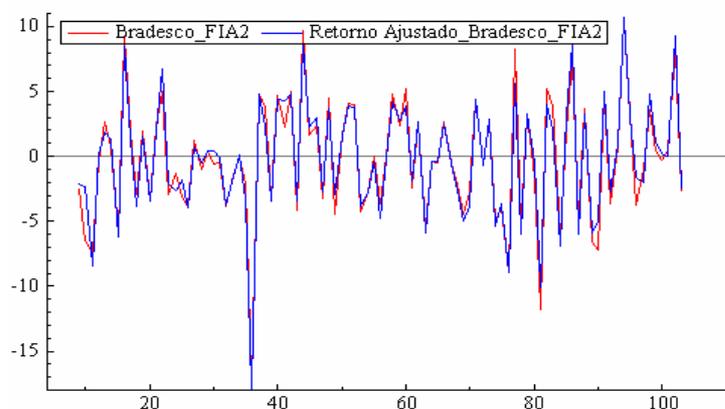


Figura 8.6 – Retornos real e predito para a análise dinâmica de estilo semi-forte para o fundo Bradesco II FIA.

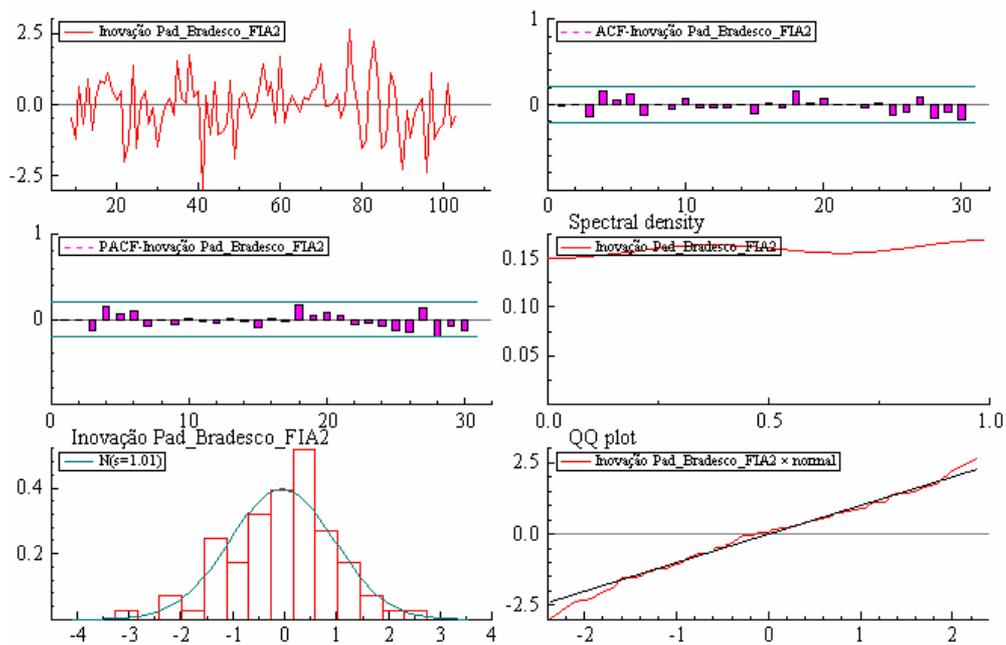


Figura 8.7 – Gráficos para as inovações padronizadas referentes à análise dinâmica de estilo semi-forte para o fundo Bradesco II FIA.

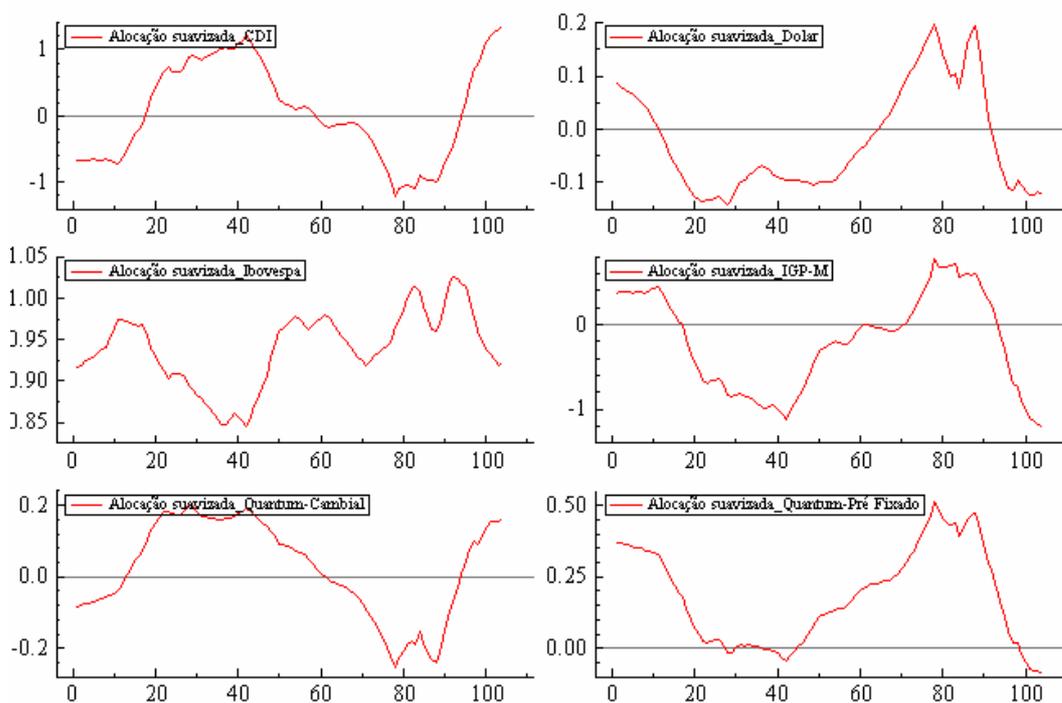


Figura 8.8 – Alocações suavizadas referentes à análise dinâmica de estilo semi-forte para o fundo Bradesco II FIA.

Em relação ao ajuste obtido, podem ser levantados os seguintes pontos:

- Diferentemente da análise com o modelo anterior, o número máximo de períodos difusos foi tido como  $d = 9$ ;
- Pela Figura 8.6 e pelo PseudoR<sup>2</sup> observado na Tabela 8.3, tem-se novamente um poder preditivo muito satisfatório. Em termos de PseudoR<sup>2</sup> e de MSE, há indícios de que esta proposta de análise semi forte (praticada através da Metodologia de Doran) é mais adequada do que a proposta de análise fraca (praticada apenas com base na Teoria usual do Filtro de Kalman).
- Novamente, observa-se ótimo comportamento das inovações padronizadas, de acordo com a Figura 8.7 e com os testes praticados ao final da Tabela 8.3.

Sobre as alocações suavizadas, conjectura-se o seguinte:

- Observa-se novamente, através da Figura 8.8, uma concentração mais efetiva e bem definida no mercado de ações representado pelo Ibovespa.
- Mais uma vez, é evidente a redução momentânea de exposição ao Ibovespa nos períodos compreendidos entre a primeira semana de Maio/2001 e a última semana de Setembro/2001.
- As oscilações acentuadas das alocações associadas aos outros mercados ainda não possuem uma interpretação clara, mas pode ser visto que estas diminuíram de intensidade, muito provavelmente ao processo de restrição do vetor de estado.

### 8.3.1.3

#### **Análise Dinâmica de Estilo Forte**

Agora, adotam-se as duas restrições herdadas da análise de estilo proposta originalmente por Sharpe, as quais foram enunciadas em (8.2). Como já estabelecido, o modelo em EE correspondente é não linear e caracterizado pelas equações dadas em (8.8) (equação das medidas) e em (8.5) (equação do estado). A

matriz de covariâncias  $Q$  adotada, diferentemente do que vem sendo feito, é *diagonal*, algo que é compensador na utilização de metodologias computacionalmente mais intensas, como o Filtro de Simulação de Monte Carlo.

Inicialmente, apresentam-se os resultados relativos ao uso do Filtro de Kalman Estendido combinado ao método da máxima verossimilhança aproximada. A inicialização adotada foi própria (porém, não necessariamente “correta”), cujas quantidades iniciais dadas por  $a_1 = 0$  e  $P_1 = I$ . O ajuste é de implementação um tanto mais intensa do que aquelas associadas aos anteriores, levando cerca de 10 (dez) segundos para se consolidar. No Anexo 1, se encontram os parâmetros estimados por máxima verossimilhança aproximada.

Tabela 8.4 – Resultados analíticos referentes à análise dinâmica de estilo forte via Filtro de Kalman Estendido para o fundo Bradesco II FIA.

Atributo	Valor
Log Verossimilhança Aproximada	-132,170
Número de iterações	70
MSE	0,664
PseudoR <sup>2</sup>	0,969
Teste de Ljung-Box (30 lags)	21,903 (p-valor = 0,858)
Teste de Jarque-Bera	18,067 (p-valor = 0,000)

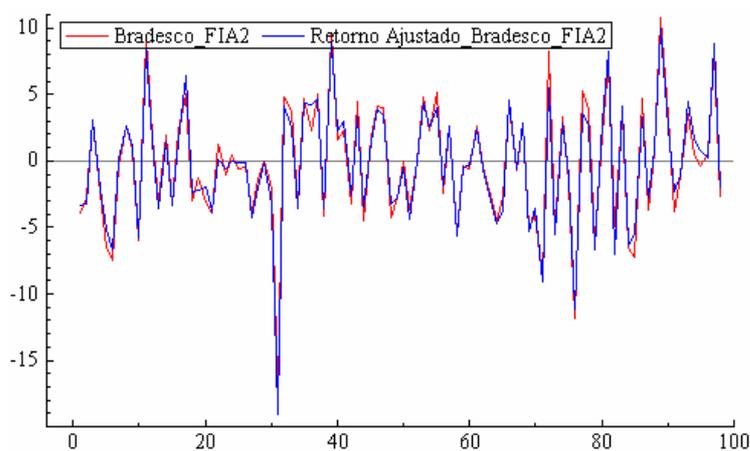


Figura 8.9 – Retornos real e predito para a análise dinâmica de estilo forte via Filtro de Kalman Estendido para o fundo Bradesco II FIA.

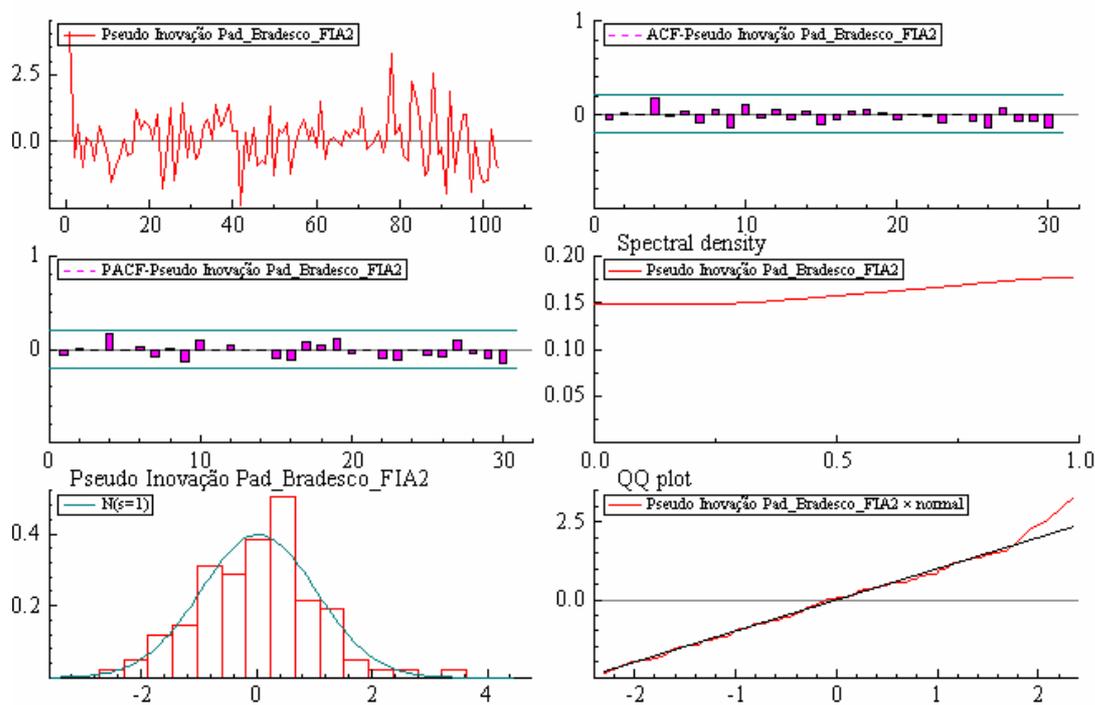


Figura 8.10 – Gráficos para as pseudo-inovações padronizadas referentes à análise dinâmica de estilo forte via Filtro de Kalman Estendido para o fundo Bradesco II FIA.

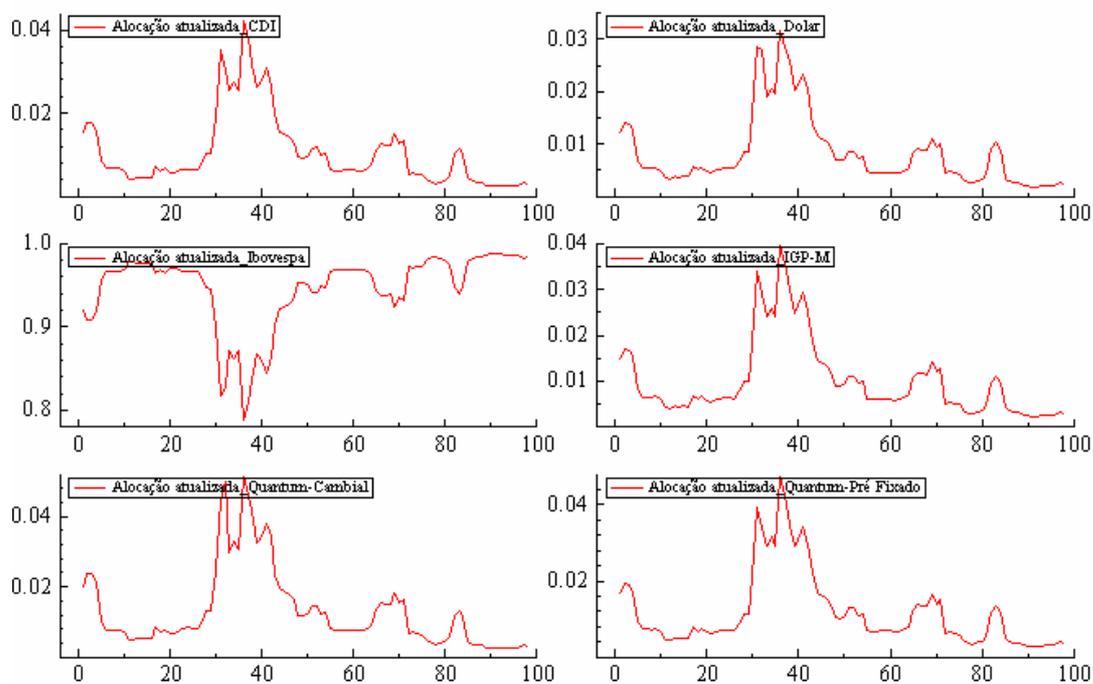


Figura 8.11 – Alocações atualizadas referentes à análise dinâmica de estilo forte via Filtro de Kalman Estendido para o fundo Bradesco II FIA.

Pelas informações dispostas acima, pode-se inferir o seguinte:

- O poder preditivo deste modelo se mostra mais forte do que aqueles referentes aos dois modelos anteriores (vide MSE e PseudoR<sup>2</sup> na Tabela 8.4 e Figura 8.9), algo que pode ser tomado como indício da melhor adequação deste tipo de ADE (no caso, a forte) em relação às duas anteriores (fraca e semi-forte);
- As pseudo-inovações padronizadas parecem ter vindas de um processo ruído branco (vide os quatro primeiros gráficos da Figura 8.10 e o teste de Ljung-Box na Tabela 8.4), porém não Gaussiano (vide os dois últimos gráficos da Figura 8.10, principalmente o Q-Q Plot com cauda direita pesada, e o Teste de Jarque-Bera na Tabela 8.4). Mas a falta de normalidade já é algo esperado, de acordo com o quarto problema levantado na lista dada em (6.9) (de fato, pois não normalidade condicional implica em não normalidade incondicional dos erros, o que certamente induz não normalidade incondicional das inovações padronizadas).

Quanto às alocações atualizadas<sup>7</sup>, citam-se:

- Há indícios mais fortes ainda de que a concentração dos recursos deste fundo permaneceram muito direcionados para o mercado de ações, de acordo com a evolução da alocação atualizada relativa ao Ibovespa na Figura 8.11;
- Observa-se que, de acordo com esta análise, há indícios de um menor período na redução desta exposição; desta vez, é evidente que este se compreende entre os instantes  $t = 30$  (terceira semana de Julho/2001) e  $t = 40$  (última semana de Setembro/2001);

---

<sup>7</sup> As alocações atualizadas foram obtidas substituindo, em cada peso  $\omega_{t,j}$  relativo à expressão em (9.8), as correspondentes coordenadas do vetor de estado atualizadas pelo Filtro de Kalman Estendido. Logo, deve-se ter em mente que isto certamente pode acarretar em mais uma fonte de vies. Comentário análogo serve para as alocações provenientes do Filtro de Simulação de Monte Carlo, o qual é explorado mais adiante.

- As oscilações das alocações atualizadas associadas aos outros mercados possuem comportamento mais intuitivo do que anteriormente, pois indicam ausência total, ou quase total, de exposição aos respectivos riscos (de fato, pois as alocações assumem valores muito próximos de zero para todo instante de tempo).

Agora, são apresentados os resultados relativos à ADE forte através do Filtro de Simulação de Monte Carlo combinado ao método da máxima verossimilhança aproximada. A inicialização adotada caracterizou-se mais uma vez pelas quantidades iniciais  $a_1 = 0$  e  $P_1 = I$ . Esta tecnologia, como já exposto no decorrer da Dissertação, é computacionalmente muito intensiva e, por causa desta propriedade, demandou muito mais tempo para se concretizar – para este fundo, algo em torno de 10 (dez) minutos. Cita-se que foram adotadas  $K/2$  variáveis antitéticas balanceadas por locação com o intuito de se aumentar a eficiência computacional e, principalmente, a precisão da estimação do vetor de estado. Os parâmetros estimados se encontram no Anexo 1.

Tabela 8.5 – Resultados analíticos referentes à análise dinâmica de estilo forte via Filtro de Simulação de Monte Carlo para o fundo Bradesco II FIA.

Atributo	Valor
Log Verossimilhança Aproximada	-137,851
Número de iterações	21
Número de "sorteios" ( $K/2$ )	150
MSE	0,704
PseudoR <sup>2</sup>	0,970
Teste de Ljung-Box (30 lags)	19,355 (p-valor = 0,932)
Teste de Jarque-Bera	90,141 (p-valor = 0,000)

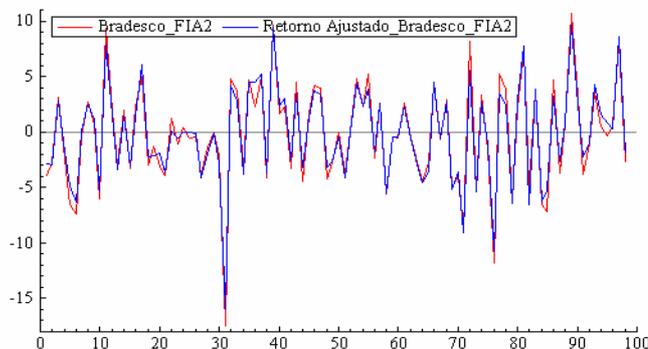


Figura 8.12 – Retornos real e predito para a análise dinâmica de estilo forte via Filtro de Simulação de Monte Carlo para o fundo Bradesco II FIA.

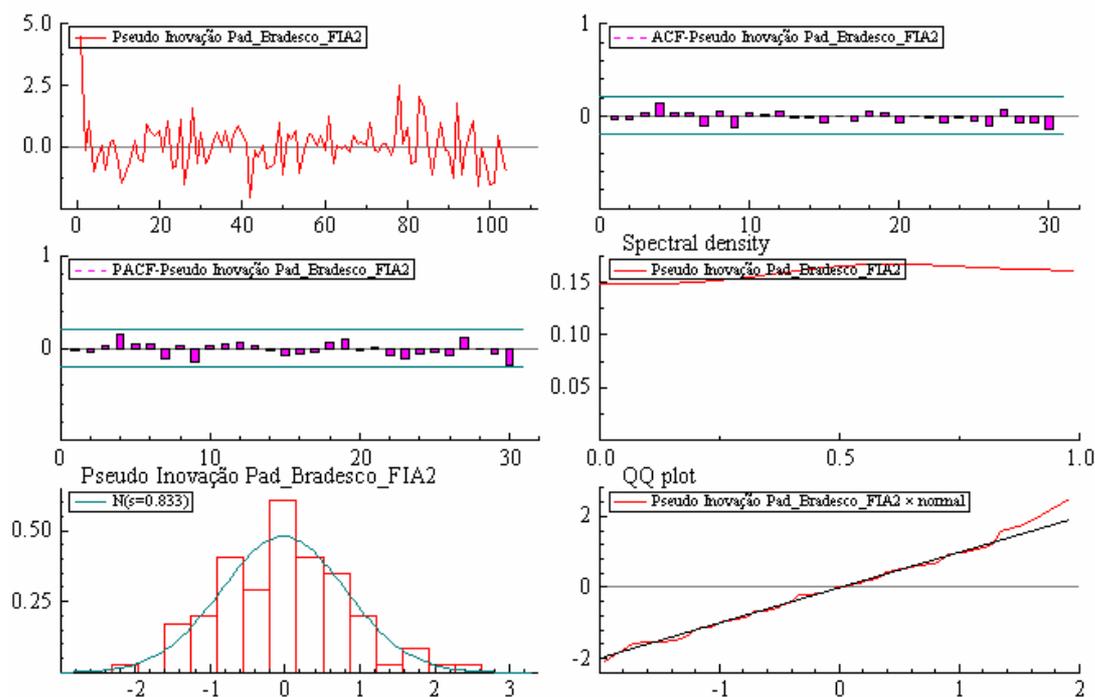


Figura 8.13 – Gráficos para as pseudo-inovações padronizadas referentes à análise dinâmica de estilo forte via Filtro de Simulação de Monte Carlo para o fundo Bradesco II FIA.

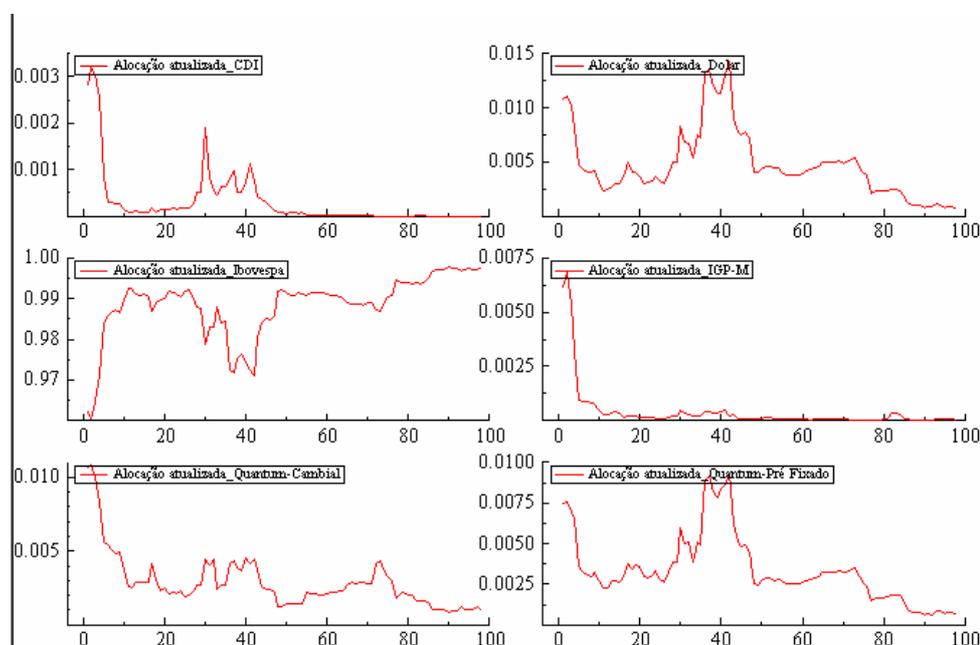


Figura 8.14 – Alocações atualizadas referentes à análise dinâmica de estilo forte via Filtro de Simulação de Monte Carlo para o fundo Bradesco II FIA.

Citam-se como principais pontos sobre a qualidade do ajuste:

- Pelos critérios MSE e PseudoR<sup>2</sup> reportados na Tabela 8.5 e pela Figura 8.12, tem-se que o poder preditivo é muito similar àquele referente à mesma análise ajustada via Filtro de Kalman Estendido;
- As pseudo-inovações padronizadas, de acordo com os gráficos da Figura 8.13 e com os testes apresentados no final da Tabela 8.5, possuem comportamento similar ao das provenientes do ajuste anterior (é importante lembrar que o Filtro de Simulação de Monte Carlo, em tese, não corrige problemas de não normalidade dos erros, tão pouco das pseudo-inovações padronizadas).

Quanto à evolução das componentes de interesse estimadas, infere-se:

- É evidente, mais uma vez, a fortíssima exposição ao mercado de ações, como pode ser visto na Figura 8.14;
- O período de possível e pequeno afastamento deste mercado também é compreendido, de acordo com evidências dadas por esta análise, entre a terceira semana de Julho/2001 e a última semana de Setembro/2001.
- As alocações atualizadas nas outras classes de ativos se mostram novamente desprezíveis ao longo tempo, o que confirma a política de gestão adotada pelo fundo.

Para fins de comparação, apresenta-se, no Quadro 8.1, uma AEE forte com os retornos do fundo Bradesco II FIA e dos mesmos índices que vem sendo utilizados, na mesma frequência e no mesmo período.

Quadro 8.1 – Análise estática de estilo forte para o fundo Bradesco II FIA e medidas de aderência correspondentes.

Índice	Alocação Estimada
CDI	0
Dólar	0
Ibovespa	0,92
IGP-M	0
Quantum Cambial	0
Quantum-Pré Fixado	0,08
MSE	0,658
PseudoR <sup>2</sup>	0,969

Observa-se que a AEE forte também indica forte concentração no mercado de ações, além de mostrar um poder preditivo de mesmo patamar que os obtidos pela ADE forte - através das duas metodologias aqui adotadas. Mas, pelo fato de ser *estática*, é incapaz de captar eventuais mudanças de alocações praticadas pelo gestor, como, por exemplo, o ligeiro e temporário êxodo de exposição ao risco do Ibovespa no sub-período apontado.

### 8.3.2

#### Segundo Exercício: Fundo Cambial

Avançando-se mais nas experiências práticas com as ADE propostas, investigam-se agora suas performances com o fundo HSBC FIF Cambial, o qual, pela ANBID, se enquadra na categoria Referenciados Câmbio. Esta categoria, em tese, abrange fundos de investimento que buscam rentabilidade próxima das proporcionadas pelo mercado de câmbio (à vista e/ou de derivativos), estando sujeito também às oscilações do mercado de renda fixa. Logo, *a priori*, esperam-se alocações estimadas mais fortes para os índices Dólar e/ou Quantum Cambial, com eventuais movimentações nas referentes ao CDI. A frequência adotada é a semanal, e o período escolhido para esta averiguação vai desde a primeira semana de 2001 até a última semana de 2002; tem-se, então, um total de 104 observações.

### 8.3.2.1

#### Análise Dinâmica de Estilo Fraca

Para que se realize uma ADE fraca com este segundo fundo, retorna-se às equações dadas em (8.6) (equação das medidas) e em (8.5) (equação do estado). Da mesma forma que antes, a matriz de covariâncias  $Q$  adotada é *não diagonal*. Os comentários feitos no início da subseção 8.3.1.1 são inteiramente válidos novamente. O ajuste, como antes, se mostrou muito eficiente e também demandou menos de 5 (cinco) segundos. A seguir, se encontram os resultados analíticos e gráficos pertinentes e, no Anexo 2, os parâmetros estimados por máxima verossimilhança.

Tabela 8.6 – Resultados analíticos referentes à análise dinâmica de estilo fraca para o HSBC FIF Cambial.

Atributo	Valor
Log Verossimilhança	-87,942
Número de iterações	66
Número de instates difusos $d$	6
MSE	1,007
PseudoR <sup>2</sup>	0,881
Teste de Ljung-Box (30 lags)	22,725 (p-valor = 0,826)
Teste de Jarque-Bera	0,279 (p-valor = 0,870)

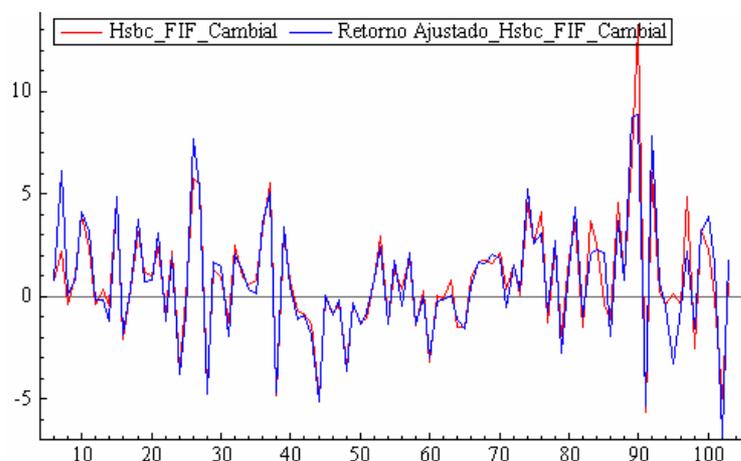


Figura 8.15 – Retornos real e predito para a análise dinâmica de estilo fraca para o fundo HSBC FIF Cambial.

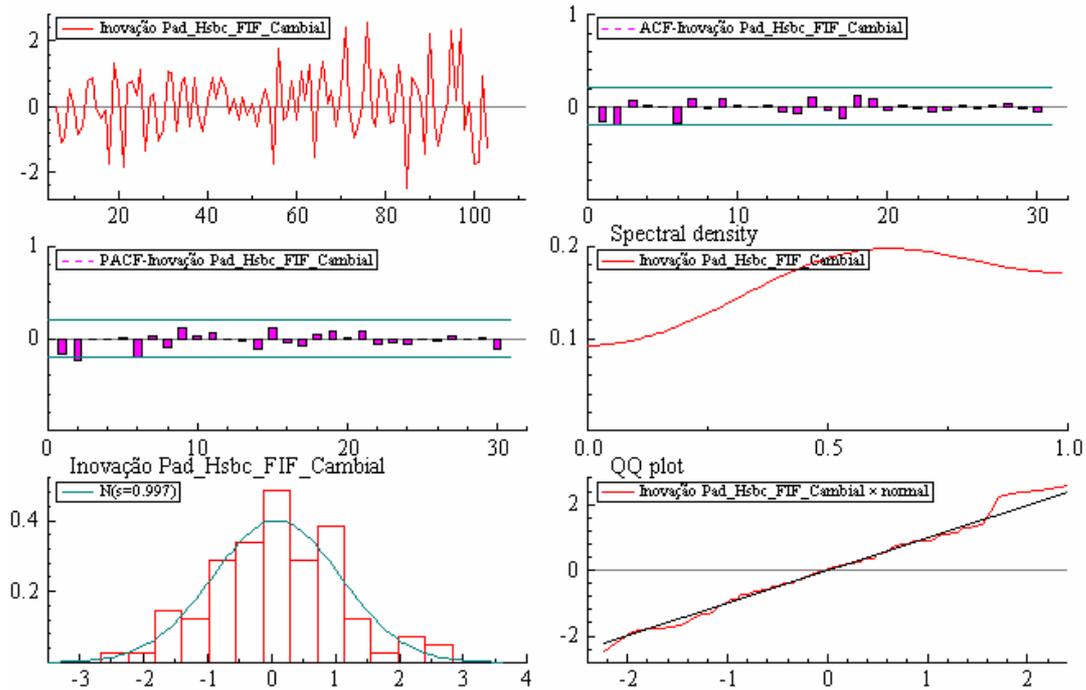


Figura 8.16 – Gráficos para as inovações padronizadas referentes à análise dinâmica de estilo fraca para o fundo HSBC FIF Cambial.

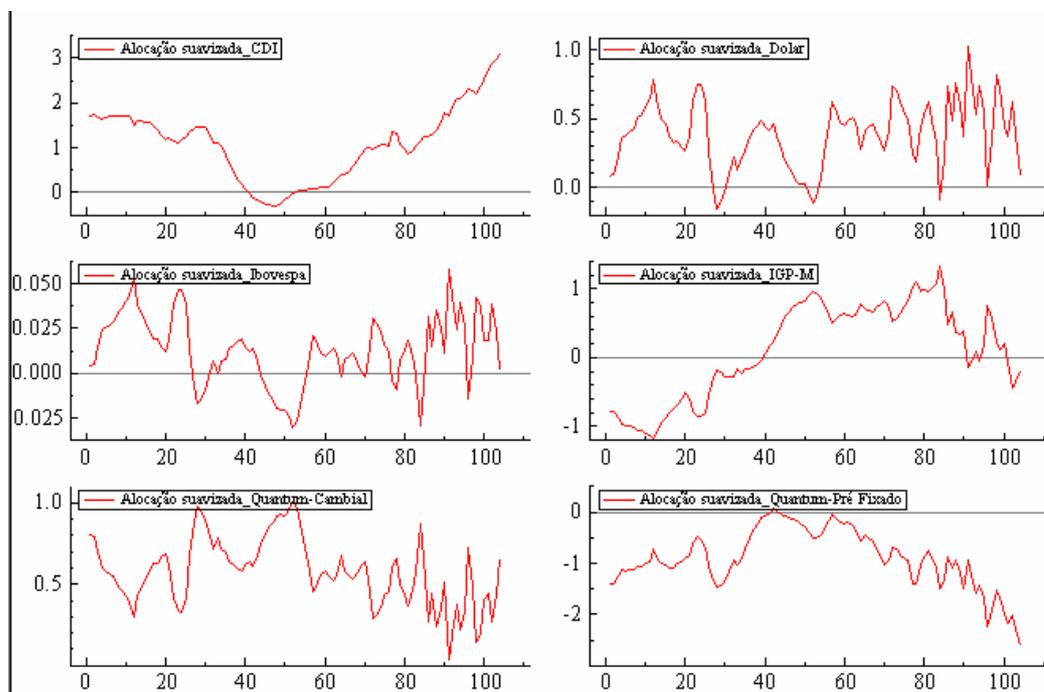


Figura 8.17 – Alocações suavizadas referentes à análise dinâmica de estilo fraca para o fundo HSBC FIF Cambial.

Enumeram-se os seguintes comentários quanto ao ajuste:

- Como já se sabia, o instante máximo do período difuso foi de  $d = 6$ ;
- Pela Figura 8.15 e pelo PseudoR<sup>2</sup> apresentado na Tabela 8.6, o modelo ajustado mostrou poder preditivo muito bom;
- Pela Figura 8.16 e pelos testes praticados e documentados ao final da Tabela 8.6, tem-se que as inovações padronizadas se mostraram bem comportadas.

Em relação às alocações suavizadas, dispostas na Figura 8.17, citam-se os seguintes tópicos:

- Observam-se oscilações importantes nas alocações referentes aos mercados de câmbio à vista (Dólar) e de derivativos (Quantum-Cambial);
- As magnitudes relativas ao mercado de derivativos de renda fixa (Quantum-Pré Fixado) são consideravelmente negativas, algo que pode ser indícios de posições curtas (isto é, há derivativos de venda na composição da carteira) para o fundo HSBC FIF Cambial;
- As magnitudes relativas às alocações no CDI, por outro lado, são consideravelmente positivas. Este fenômeno pode ser devido a exposições a este mercado de fato, ou uma simples compensação composicional da carteira do fundo devido ao fato discutido no item anterior. Por enquanto, aceita-se a segunda destas especulações citadas como sendo a mais verossímil.

### 8.3.2.2

#### **Análise Dinâmica de Estilo Semi-Forte**

Retornando-se às equações em (8.7) (equação das medidas) e em (8.5) (equação do estado), tem-se novamente a perspectiva de uma ADE semi-forte, agora para o fundo HSBC FIF Cambial. Mais uma vez, adota-se a matriz  $Q$  como sendo *não diagonal*. Todos os comentários feitos na subseção 8.3.1.2 são estendidos para a situação presente. O ajuste foi novamente muito rápido e teve

menos de 5 (cinco) segundos de duração. Abaixo, encontram-se os resultados analíticos e gráficos pertinentes. Os parâmetros estimados se encontram no Anexo 2.

Tabela 8.7 – Resultados analíticos referentes à análise dinâmica de estilo semi-forte para o fundo HSBC FIF Cambial.

Atributo	Valor
Log Verossimilhança	405,809
Número de iterações	68
Número de instates difusos d	9
MSE	0,855
PseudoR <sup>2</sup>	0,900
Teste de Ljung-Box (30 lags)	21,852 (p-valor = 0,859)
Teste de Jarque-Bera	1,646 (p-valor = 0,439)

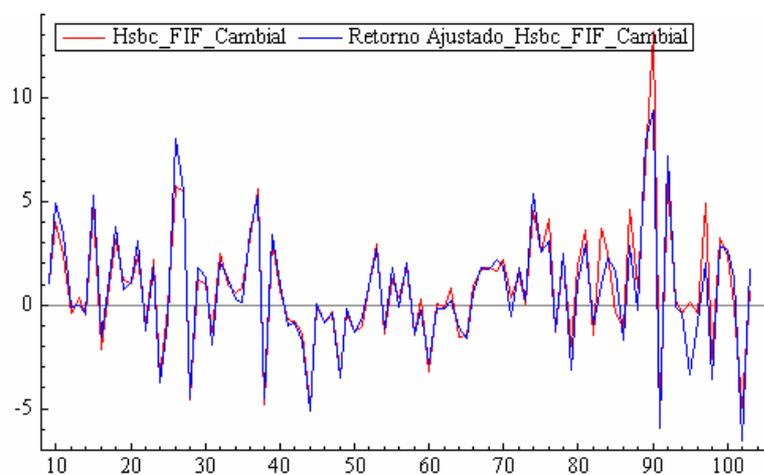


Figura 8.18 – Retornos real e predito para a análise dinâmica de estilo semi-forte para o fundo HSBC FIF Cambial.

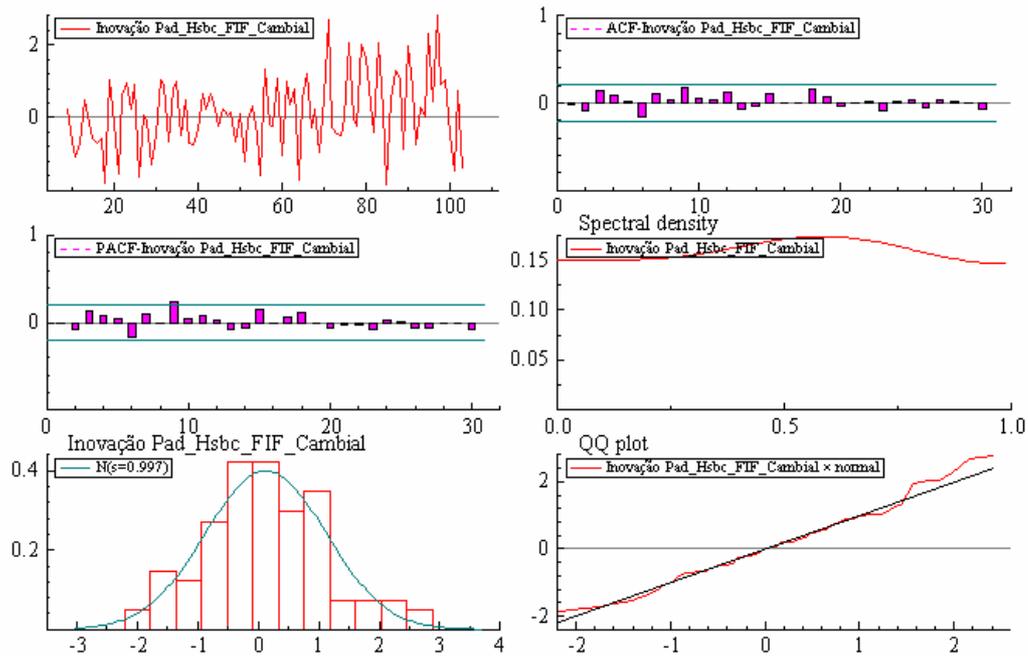


Figura 8.19 – Gráficos para as inovações padronizadas referentes à análise dinâmica de estilo semi-forte para o fundo HSBC FIF Cambial.

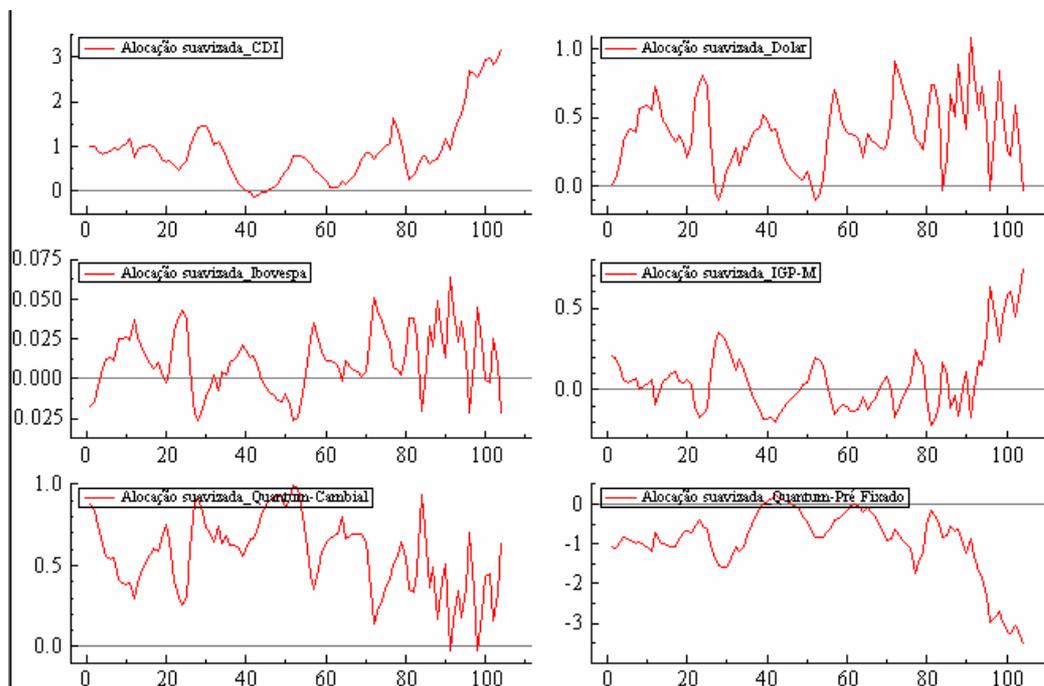


Figura 8.20 – Alocações suavizadas referentes à análise dinâmica de estilo semi-forte para o fundo HSBC FIF Cambial.

Em relação ao ajuste obtido, são levantados os seguintes pontos:

- Como não poderia deixar de ser – pois o modelo em EE bivariado é exatamente o mesmo que aquele abordado na subseção 8.3.1.2 – o número máximo de períodos difusos foi tido como  $d = 9$ ;
- Observando-se a Figura 8.18 e as medidas MSE e PseudoR<sup>2</sup> na Tabela 8.7, tem-se que esta ADE (semi-forte) parece mais adequada que a anterior (fraca), uma vez que seu poder preditivo é de maior acurácia. Juntamente com a mesma conclusão obtida com o fundo Bradesco II FIA, tem-se que um protótipo de preferência pela ADE semi-forte, feita através de conveniente adoção da Metodologia de Doran, em detrimento da ADE fraca;
- As inovações padronizadas mostram bom comportamento, de acordo com a Figura 8.19 e os testes apresentados ao final da Tabela 8.7.

Quanto às alocações suavizadas, analisa-se o seguinte:

- As oscilações mais marcantes são novamente aquelas relativas às alocações estimadas nos mercados de câmbio (tanto à vista, quanto em derivativos);
- Da mesma forma que fora constatado por meio da ADE fraca, os indícios de posições curtas no mercado de renda fixa ainda são evidentes, porém com ligeira redução de exposição (isto é, as magnitudes negativas parecem menores);
- Como decorrência do item anterior, e de forma a corroborar a evidência já levantada na análise anterior de que de fato pode existir uma restrição de carteira ao fundo HSBC FIF Cambial, observam-se magnitudes positivas nas alocações suavizadas do CDI.

### 8.3.2.3 Análise Dinâmica de Estilo Forte

Para concluir este estudo com o fundo HSBC FIF Cambial, são apresentadas as ADEs fortes para o mesmo. O modelo em EE correspondente é,

como já se sabe, não linear, e definido pelas equações em (8.8) (equação das medidas) e em (8.5) (equação do estado). De forma análoga ao que fora proposto para o fundo Bradesco II FIA, a matriz associada  $Q$  é reconhecida como sendo *diagonal* por causa dos mesmos motivos já levantados anteriormente.

Seguindo a mesma ordem, os primeiros resultados são relativos ao uso do Filtro de Kalman Estendido. A inicialização adotada foi a mesma de antes, ou seja, abrangeu as quantidades iniciais dadas por  $a_1 = 0$  e  $P_1 = I$ . Novamente, o tempo de implementação para o ajuste é maior do que aqueles apresentados pelos modelos lineares e demandou 20 (vinte) segundos, aproximadamente. No Anexo 2, estão os parâmetros estimados por máxima verossimilhança aproximada.

Tabela 8.8 – Resultados analíticos referentes à análise dinâmica de estilo forte via Filtro de Kalman Estendido para o fundo HSBC FIF Cambial

Atributo	Valor
Log Verossimilhança Aproximada	-131,93
Número de iterações	41
MSE	0,981
PseudoR <sup>2</sup>	0,877
Teste de Ljung-Box (30 lags)	26,790 (p-valor = 0,634)
Teste de Jarque-Bera	64,191 (p-valor = 0,000)

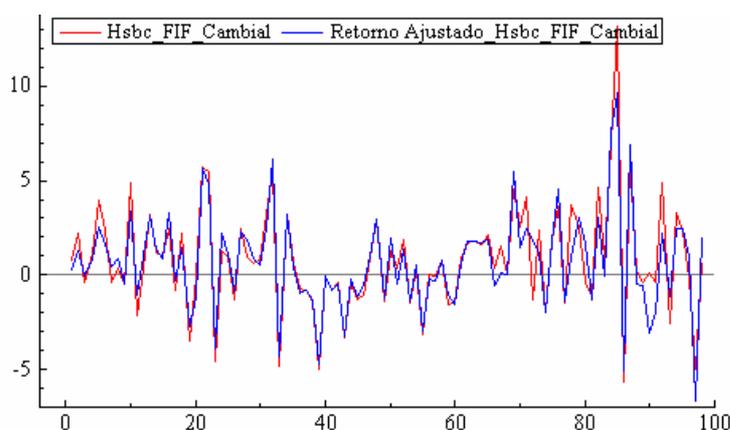


Figura 8.21 – Retornos real e predito para a análise dinâmica de estilo forte via Filtro de Kalman Estendido para o fundo HSBC FIF Cambial.

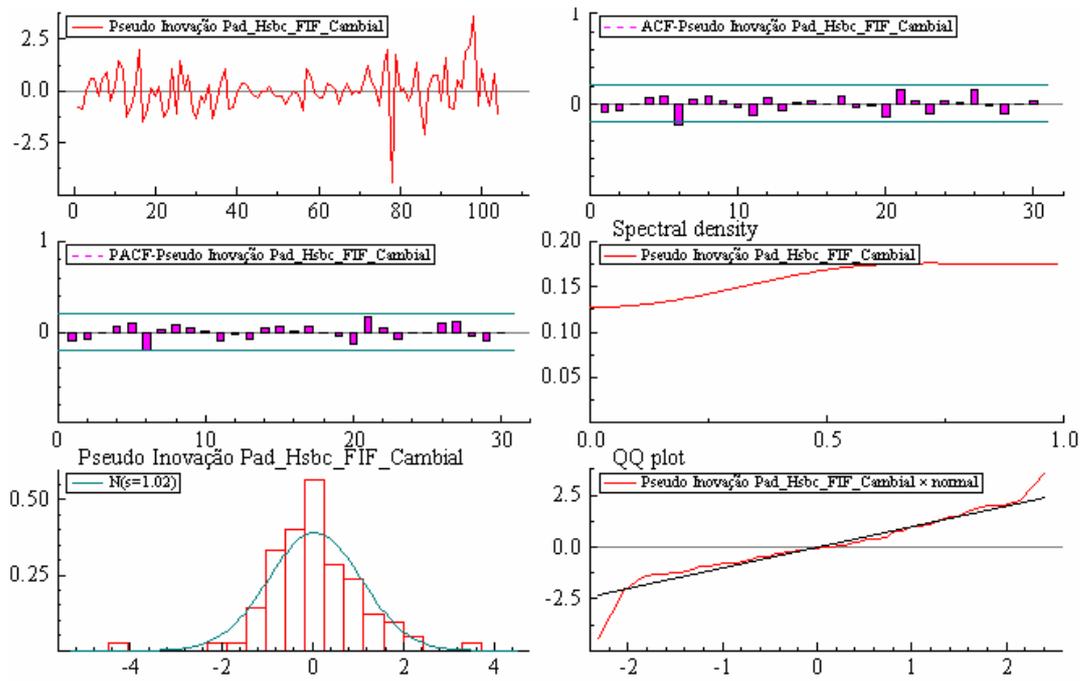


Figura 8.22 – Gráficos para as pseudo-inovações padronizadas referentes à análise dinâmica de estilo forte via Filtro de Kalman Estendido para o fundo HSBC FIF Cambial.

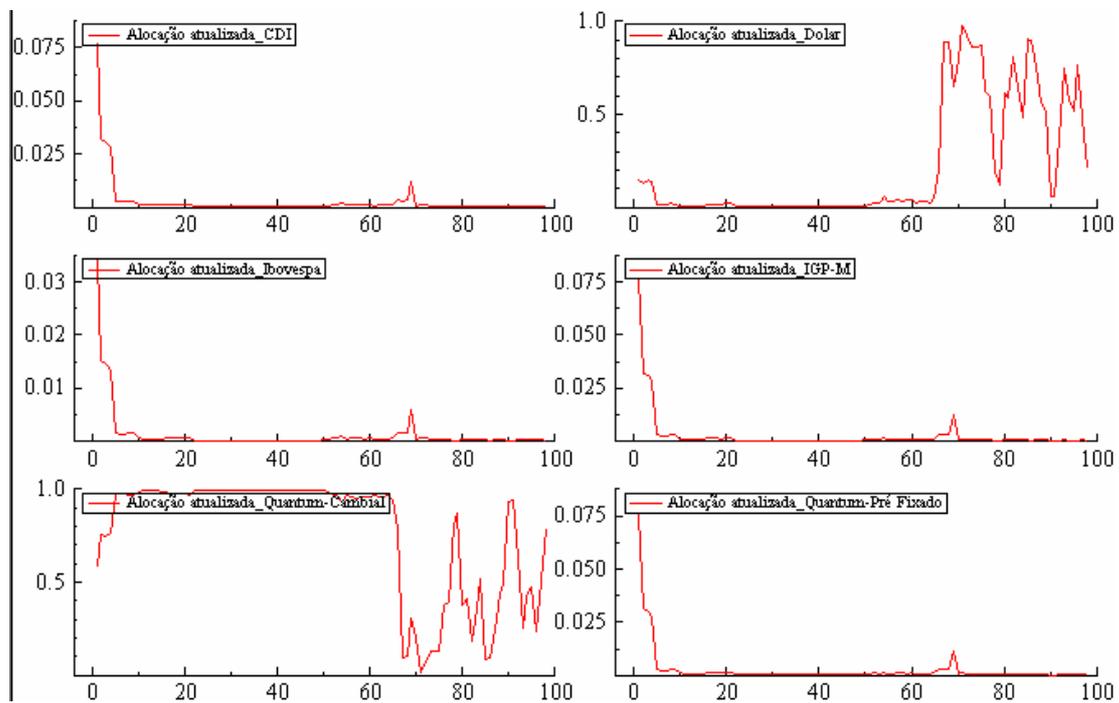


Figura 8.23 – Alocações atualizadas referentes à análise dinâmica de estilo forte via Filtro de Kalman Estendido para o fundo HSBC FIF Cambial.

São levantadas as seguintes observações em relação ao ajuste:

- Através da Figura 8.21 e das medidas de aderência MSE e PseudoR<sup>2</sup>, tem-se que o modelo possui poder preditivo muito satisfatório, mas que, comparando-se aqueles referentes às ADEs fraca e semi-forte, se mostra inferior. Isto pode ser um indício de que a ADE forte *talvez não seja a opção mais adequada para estimação on line da composição da carteira deste fundo*. As alocações em derivativos cambiais de venda, desvendadas, nas ADEs fraca e semi-forte, talvez sejam um motivo para tal queda na qualidade do ajuste;
- As pseudo-inovações padronizadas possuem um protótipo típico de uma realização de processo ruído branco (vide os quatro primeiros gráficos da Figura 8.22 e o teste de Ljung-Box na Tabela 8.8) não Gaussiano (vide evidências de caudas pesadas nos últimos gráficos da Figura 8.22 e o Teste de Jarque-Bera na Tabela 8.8). Como já discutido anteriormente, a não normalidade é geralmente esperada para as pseudo-inovações provenientes do uso do Filtro de Kalman Estendido.

Quanto às alocações estimadas, citam-se os pontos referentes à Figura 8.23:

- Até por volta do instante  $t = 60$  (segunda semana de Fevereiro/2002), as alocações atualizadas relativas ao mercado de derivativos de câmbio (classe de ativos representada pelo índice Quantum-Cambial) se mostraram fortemente concentradas em 1 (isto é, 100 por cento de exposição). A partir do período mencionado, observa-se uma mudança estimada *on line* da carteira bem intensa até o final do período em estudo (última semana de Dezembro/2002), a qual se caracteriza por oscilações entre o mercado de câmbio à vista (Dólar) e o derivativos de câmbio (Quantum-Cambial);
- Cita-se também que, muito provavelmente por causa da restrição de não negatividade das alocações atualizadas, não aparecem indícios de posições curtas no mercado de renda fixa.

Dando seqüência à pesquisa, são apresentados os resultados provenientes à ADE forte através do Filtro de Simulação de Monte Carlo combinado ao método da máxima verossimilhança aproximada. A inicialização adotada foi a mesma que vem sendo feito com esta tecnologia, ou seja, adotam-se  $a_1 = 0$  e  $P_1 = I$ . Para o fundo HSBC FIF Cambial em particular, houve certos problemas com apenas  $K = 300$  vetores aleatórios gerados (150 “sorteios” e 150 variáveis antitéticas balanceadas por locação associadas); estes concernem a singularidades aproximadas de  $H$  e de  $Q$  para algumas iterações da máxima verossimilhança. Logo, neste exercício, adota-se  $K = 600$  (300 “sorteios” e 300 variáveis antitéticas balanceadas por locação associadas). O tempo demandado para o ajuste foi de, aproximadamente, 15 minutos. Os parâmetros estimados por máxima verossimilhança aproximada estão no Anexo 2.

Tabela 8.9 – Resultados analíticos referentes à análise dinâmica de estilo forte via Filtro de Simulação de Monte Carlo para o fundo HSBC FIF Cambial.

Atributo	Valor
Log Verossimilhança Aproximada	-124,092
Número de iterações	62
Número de "sorteios" ( $K/2$ )	300
MSE	1,089
PseudoR <sup>2</sup>	0,872
Teste de Ljung-Box (30 lags)	29,709 (p-valor = 0,481)
Teste de Jarque-Bera	17,906 (p-valor = 0,000)

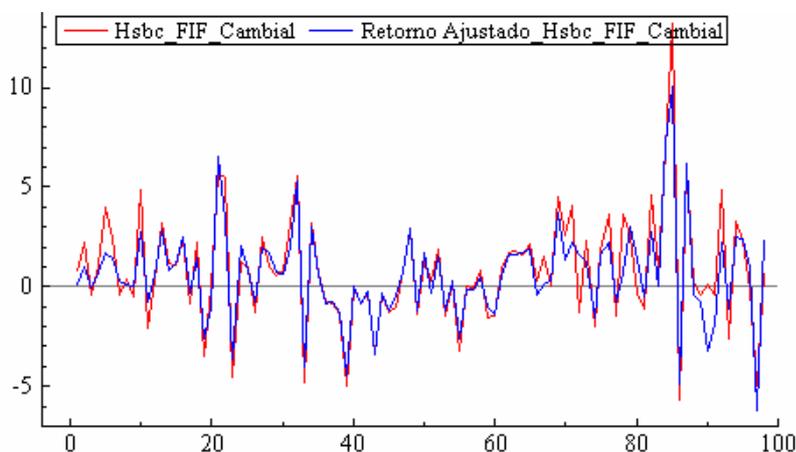


Figura 8.24 – Retornos real e predito para a análise dinâmica de estilo forte via Filtro de Simulação de Monte Carlo para o fundo HSBC FIF Cambial.

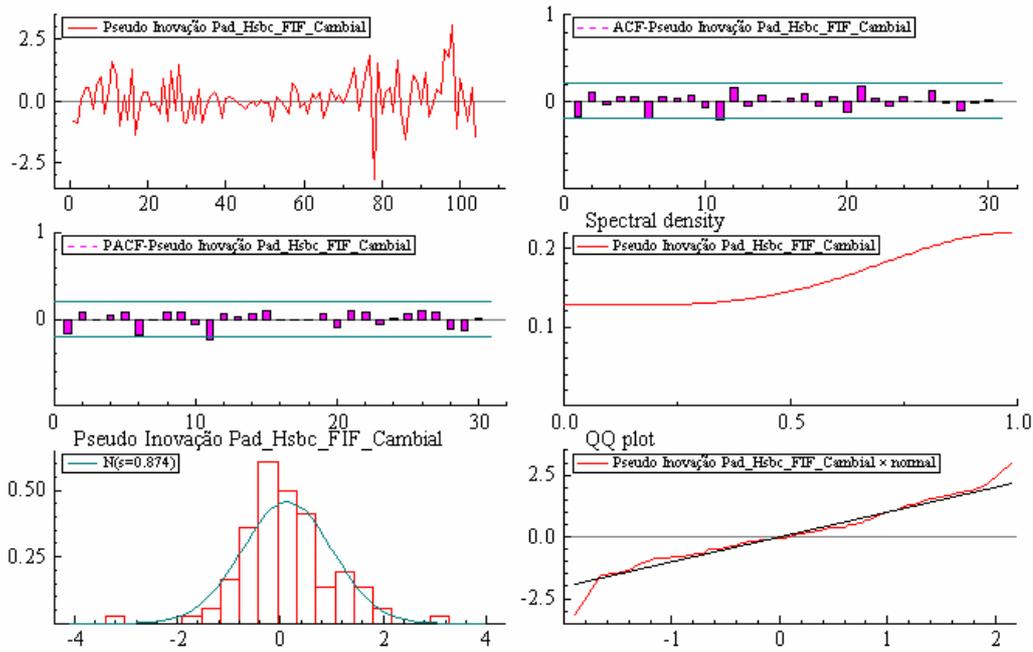


Figura 8.25 – Gráficos para as pseudo-inovações padronizadas referentes à análise dinâmica de estilo forte via Filtro de Simulação de Monte Carlo para o fundo HSBC FIF Cambial.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0210437/CB

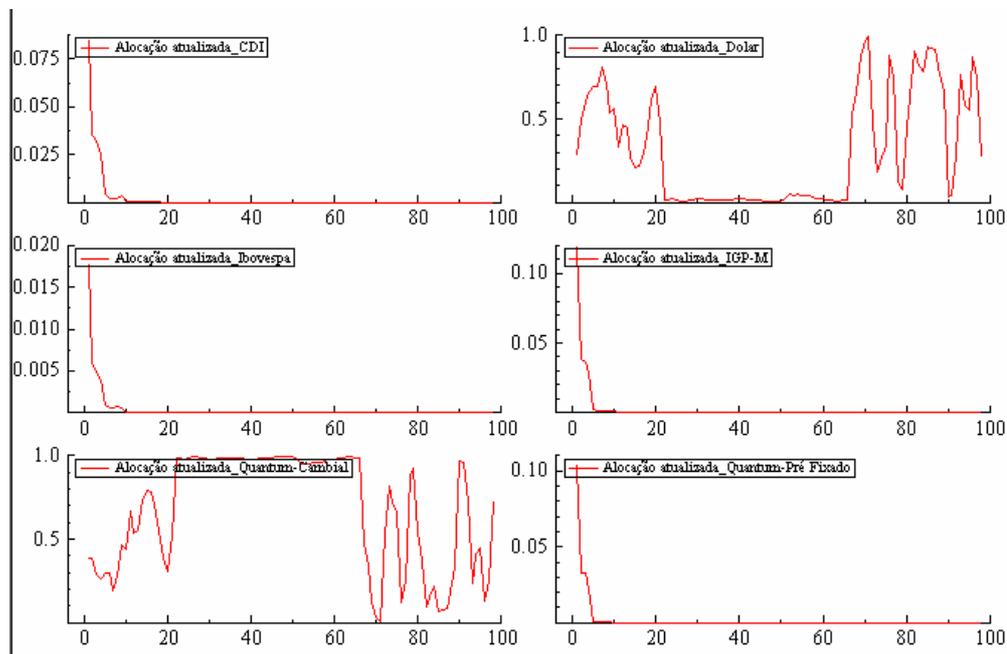


Figura 8.26 – Alocações atualizadas referentes à análise dinâmica de estilo forte via Filtro de Simulação de Monte Carlo para o fundo HSBC FIF Cambial.

Em resumo, infere-se o seguinte em relação à qualidade do ajuste:

- Pelos critérios MSE e PseudoR<sup>2</sup> reportados na Tabela 8.9 e pela Figura 8.24, conclui-se que o poder preditivo associado ao Filtro de Simulação de Monte Carlo é bem próximo ao obtido com o uso do Filtro de Kalman Estendido. Logo, há mais indícios, provenientes da comparação do poder preditivo deste ajuste com os dois referentes às ADEs fraca e semi-forte, de que a ADE forte é muito restritiva para se estudar a composição deste fundo; e
- As pseudo-inovações padronizadas, de acordo com os gráficos da Figura 8.25 e com os testes dispostos ao final da Tabela 8.9, apresentam um protótipo muito parecido ao das obtidas com base no Filtro de Kalman Estendido, ou seja, parecem formar uma realização de um ruído branco não Gaussiano.

Quanto às componentes atualizadas apresentadas graficamente na Figura 8.26, especulam-se os pontos abaixo:

- Com exceção dos períodos compreendidos entre  $t = 1$  (primeira semana de Janeiro/2001) e  $t = 20$  (primeira semana de Maio/2001), o comportamento de todas as alocações atualizadas possuem comportamento muito similar daqueles relativos às alocações atualizadas pelo Filtro de Kalman Estendido; e
- Mais uma vez, interpreta-se a ausência de indícios de posições curtas no mercado de renda fixa como sendo um fato estilizado provenientes da restrição de não negatividade associada à ADE forte.

Para finalizar as análises empíricas com este fundo, apresenta-se, como fora feito anteriormente no estudo para o fundo Bradesco II FIA, uma AEE forte com os retornos do fundo HSBC FIF Cambial e dos mesmos índices que vem sendo utilizados, na mesma frequência e no mesmo período.

Quadro 8.2 – Análise Estática de Estilo forte para o fundo HSBC FIF Cambial e medidas de aderência correspondentes.

Índice	Alocação Estimada
CDI	0
Dólar	0,52
Ibovespa	0
IGP-M	0
Quantum Cambial	0,48
Quantum-Pré Fixado	0
MSE	0,739
PseudoR <sup>2</sup>	0,906

Pelas informações apresentadas no Quadro 8.2, há evidências, por análise estática, de que o fundo se concentra em mercados cambiais, confirmando, de certa forma, a política de gestão adotada. No entanto, a mesma crítica prevalece: a AEE é incapaz de desvendar mudanças efetivas e dinâmicas na composição da carteira do fundo, ao longo do tempo.

### 8.3.3

#### Terceiro Exercício: Carteira Simulada

Para finalizar as ilustrações empíricas desta Dissertação, propõe-se o ajuste das duas metodologias em voga para o tratamento aproximado de modelos em EE não lineares (Filtro de Kalman Estendido e Filtro de Simulação de Monte Carlo) para a realização de ADEs fortes com uma carteira sintética. Os retornos desta foram construídos a partir de gerações de erros seguindo as estruturas descritas nas expressões em (8.8) e (8.5), com  $\sigma^2 = 1$  e com  $Q = 0,25 \times I$ . Utilizaram-se retornos semanais dos índices CDI, Dólar e Ibovespa, no período de 2001 e 2002, descartando-se os dados referentes às quatro últimas semanas; tem-se, então, um total de 100 observações.

Na seqüência, se encontram os gráficos comparativos que desvendam a performance das duas abordagens para o mesmo problema.

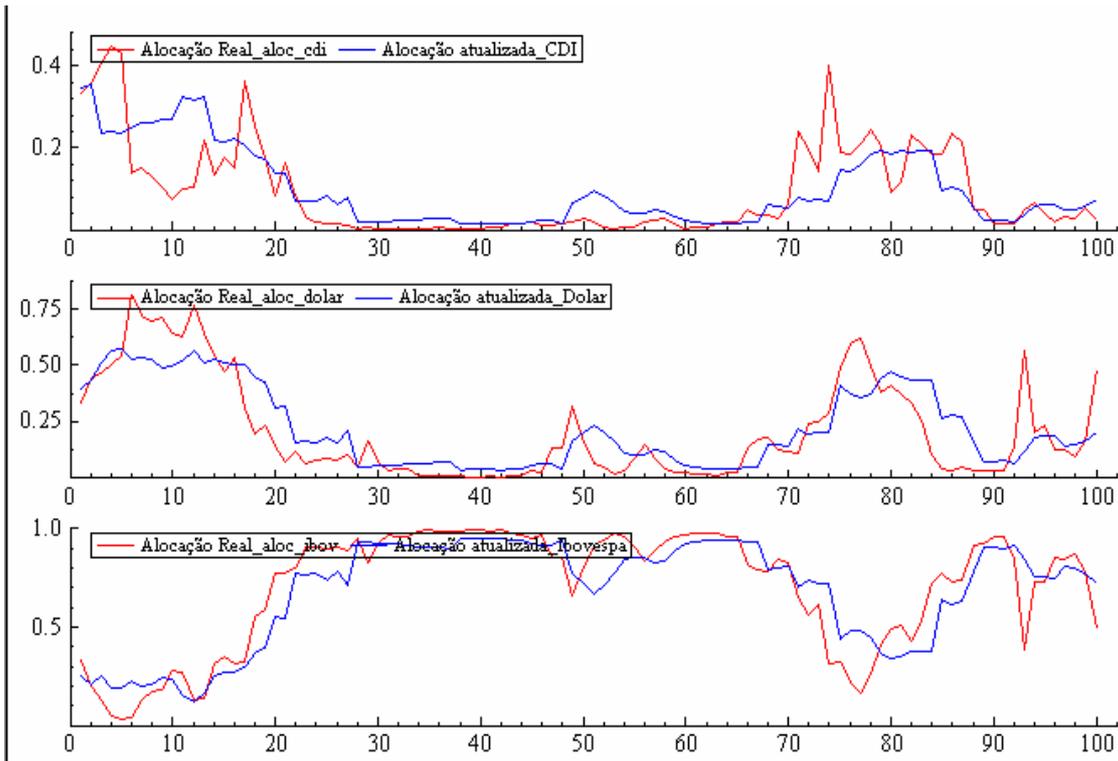


Figura 8.27 – Comparação entre as alocações reais e as atualizadas obtidas pelo Filtro de Kalman Estendido.

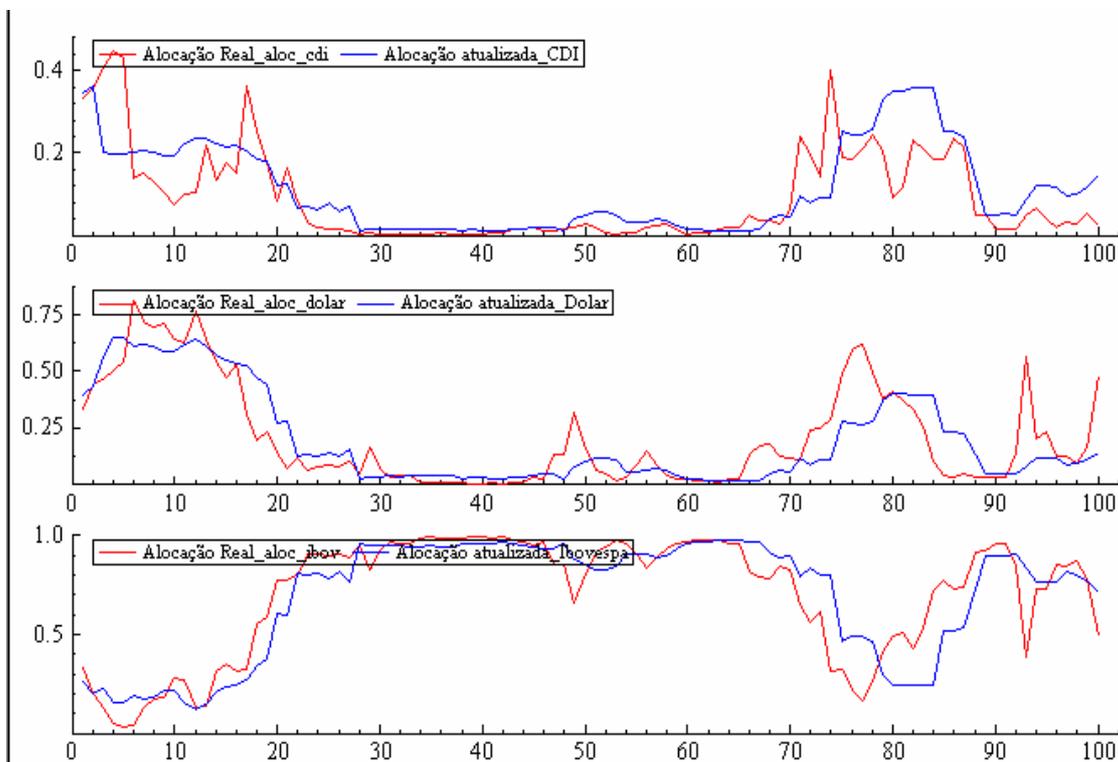


Figura 8.28 – Comparação entre as alocações reais e as atualizadas obtidas pelo Filtro de Simulação de Monte Carlo.

Pelas Figuras 8.27 e 8.28, observa-se que as duas metodologias foram relativamente eficazes em reproduzir as alocações sintéticas. Entende-se que este tipo de teste é importante para a checagem da qualidade de como o modelo em EE não linear proposto “funciona” em situações práticas, já que, muito dificilmente, um fundo de investimento seria de comportamento tão agressivo quanto ao observado pela carteira simulada; e, mesmo assim, houve uma replicação desta, ao longo do tempo, satisfatória.