

RODRIGO DE OLIVEIRA COUTINHO

**MODELO DE GERENCIAMENTO DE RISCO DE LIQUIDEZ EM
FUNDOS DE CRÉDITO PRIVADO**

Monografia apresentada à Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para a conclusão do
curso de MBA em Engenharia Financeira.

Área de concentração: Engenharia Financeira

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo de Barros Nabholz

**SÃO PAULO/SP
2015**

MBA-EF
2015
C 837 m

587



Escola Politécnica - EPEL ✓



31500023587

M2015B+

[2716649]

AGRADECIMENTO

Agradeço à minha mãe, Genelice, e aos meus irmãos, Renata e Ricardo, que sempre me deram todo o apoio necessário para que eu chegasse onde estou hoje, e nunca deixaram de acreditar em mim.

À memória do meu pai, Nicélio, que mesmo não estando presente em todos os momentos, me mostrou a importância de superar os obstáculos e vencer os desafios que a vida nos impõe.

Agradeço ao professor Rodrigo de Barros Nabholz pela orientação que me auxiliou durante o desenvolvimento deste trabalho e a todos os outros professores e colaboradores da Escola Politécnica da USP.

À minha namorada Luana pelo apoio, compreensão e confiança.

Saber não é suficiente; devemos aplicar.
Querer não é suficiente; devemos fazer.
(Johann Wolfgang von Goethe)

RESUMO

Após a recente crise financeira global, vem aumentando a necessidade de estudar as vulnerabilidades geradas pelo risco de liquidez. Por este motivo, a Associação Brasileira das Entidades dos Mercados Financeiro e de Capitais ("ANBIMA") tem envidado esforços em melhorar as práticas de gerenciamento do risco de liquidez dos ativos integrantes das carteiras dos fundos de investimento. O foco deste trabalho é o mercado de títulos privados de renda fixa, onde os impactos da baixa liquidez no mercado secundário são de grande importância para os gestores de fundos de investimento. Este trabalho visa apresentar uma proposta de modelagem para o risco de liquidez deste tipo de ativo, utilizando para o estudo de caso um fundo de crédito privado. Atualmente, o volume de ativos de crédito privado está em torno de 25% do total de ativos da indústria de fundos de investimento no Brasil, com patrimônio líquido de, aproximadamente, R\$ 634 bilhões em Novembro de 2014.

Para o entendimento da modelagem proposta, no início serão apresentados os principais conceitos teóricos. Serão apresentados os conceitos de risco de liquidez, do mercado de títulos privados, análise de métodos de previsão baseados em séries temporais, considerando os modelos de média móvel, alisamento exponencial, regressão linear e modelos de regressão AR e ARMA.

Estes métodos foram implementados no Excel e no Matlab para efetuar previsões de resgates futuros a partir dos dados de resgates passados. Estas previsões foram comparadas com os dados reais para verificar a eficiência de cada método. Por fim, será apresentada uma conclusão a respeito da eficácia da modelagem utilizada para o gerenciamento de liquidez em fundos de crédito privado.

Palavras-chave: Crédito Privado, Fundos de Investimento, Risco de Liquidez, Séries Temporais.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Volume de negócios de títulos bancários e corporativos.....	14
Tabela 2: Regras de movimentação do fundo.....	29
Tabela 3: Fator de Liquidez Fliq1	33
Tabela 4: Fator de Liquidez Fliq2	34
Tabela 5: Composição da carteira do fundo.....	34
Tabela 6: Fluxo de caixa acumulado.....	35
Tabela 7: Comparação Média Total e Média Móvel	38
Tabela 8: Comparação Alisamento Exponencial e Alisamento Exponencial Mod.	39
Tabela 9: Comparação Regressão Linear.....	40
Tabela 10: Comparação entre modelos AR(24) e AR(106).....	43
Tabela 11: Comparação entre os modelos ARMA(4, 18) e ARMA(8, 18)	47
Tabela 12: Contraposição de Ativos e Passivos	49

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Composição da carteira do fundo	35
Figura 2: Série Temporal – Resgate Percentual Diário	37
Figura 3: Regressão Linear	39
Figura 4: Modelo AR(24)	41
Figura 5: Modelo AR(106)	43
Figura 6: Previsões realizadas pelos modelos AR(24) e AR(106).....	44
Figura 7: Modelo ARMA(4, 18).....	45
Figura 8: Modelo ARMA(8, 18).....	46
Figura 9: Previsões realizadas pelos modelos ARMA(4, 18) e ARMA(8, 18)	47
Figura 10: Fluxo de Caixa x Resgates	50

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	7
1.1.	Objetivo	7
1.2.	Motivação	7
1.3.	Metodologia	8
1.4.	Estrutura	9
2.	RISCO DE LIQUIDEZ	10
2.1.	Mercado de Títulos Privados	11
2.1.1.	Liquidez no Mercado de Títulos Privados	13
3.	DESENVOLVIMENTO TEÓRICO	15
3.1.	Técnicas de Previsão	15
3.2.	Análise de Séries Temporais	16
3.2.1.	Definição	16
3.2.2.	Objetivos	18
3.2.3.	Padrões nas Séries Temporais	18
3.3.	Métodos de Previsão para Modelos com Valor Constante	19
3.3.1.	Modelo de Média Móvel	19
3.3.2.	Modelo de Alisamento Exponencial	20
3.4.	Regressão Linear	21
3.5.	Metodologia de Box & Jenkins	22
3.5.1.	Processos Estacionários	23
3.5.2.	Modelo de Filtro Linear	24
3.5.3.	Modelos Auto-regressivos (AR)	24
3.5.4.	Modelos de Médias Móveis (MA)	26
3.5.5.	Modelos Auto-Regressivos e de Média Móvel (ARMA)	27
3.5.6.	Determinação das Ordens de Modelos AR, MA e ARMA	27
4.	ESTUDO DE CASO	29
4.1.	Características do Fundo	29
4.2.	Análise dos ativos que compõe a carteira	32
4.3.	Análise de composição e comportamento do passivo	36
4.3.1.	Resultados das Previsões	37
4.3.1.1.	Média Total e Média Móvel	37
4.3.1.2.	Alisamento Exponencial	38
4.3.1.3.	Regressão Linear	39
4.3.1.4.	Modelos AR	40
4.3.1.5.	Modelos ARMA	44
4.3.2.	Análise dos resultados	48
4.4.	Contraposição de Ativos e Passivos	49
5.	CONCLUSÃO	51
	REFERÊNCIAS	52

1. INTRODUÇÃO

1.1. Objetivo

Este trabalho tem como objetivo identificar um modelo de previsão, por meio da análise de séries temporais, para os resgates de um fundo de investimento, regulamentado pela instrução CVM 409 (2004), que pode compor até 100% da sua carteira em ativos de crédito privado, visando atender às Diretrizes de Gerenciamento de Risco de Liquidez da ANBIMA (Deliberação nº 56 do Conselho de Regulação e Melhores Práticas de Fundos de Investimento, 2014).

1.2. Motivação

De acordo com o Comitê de Basileia, “uma característica chave da crise financeira foi a administração imprecisa e ineficiente do risco de liquidez” (BCBS, 2010). A baixa liquidez do mercado secundário de ativos privados no Brasil pode representar um grande risco para seus investidores. Por este motivo, é de extrema importância que se efetue um acompanhamento de forma detalhada das condições de liquidez dos fundos de crédito privado.

A redução estrutural da taxa de juros nos últimos anos implicou em aumento da atratividade dos títulos privados: com a redução no patamar da taxa de juros básica do Banco Central, que remunera os títulos públicos, a competitividade dos títulos privados aumentou. Com isso, a parcela de títulos de dívida privada na carteira dos fundos de investimento teve grande crescimento. Entre 2007 e 2013, o valor total aplicado em títulos privados pelos fundos passou de 209 bilhões para cerca de 591 bilhões, que representa uma evolução de 17,4% para 25% do valor total aplicado pela indústria de fundos, respectivamente.

O crescimento desses portfólios, que podem alocar mais de 50% do patrimônio nesses ativos, tem preocupado a Comissão de Valores Mobiliários (CVM) e os gestores de fundos. O principal questionamento diz respeito ao gerenciamento da liquidez. Os cotistas podem resgatar o dinheiro sem restrições de prazo, enquanto que os papéis privados alocados nas carteiras dos fundos não são líquidos.

Com a edição da instrução CVM 522 (2012), a CVM vem realizando o acompanhamento dos níveis de liquidez dos fundos. De acordo com esta instrução, os gestores devem adotar políticas de gestão compatível com os prazos de resgate. "Ainda não temos o diagnóstico de que há um problema de liquidez nos fundos brasileiros, mas a conciliação entre ativo e passivo é uma questão que preocupa principalmente nas carteiras de crédito privado", afirma Luiz Américo, gerente de acompanhamento de fundos da CVM.

Em Agosto de 2014, a ANBIMA divulgou a deliberação nº 56 do Código de Fundos de Investimento, alterando as diretrizes de gerenciamento de risco de liquidez com o objetivo de atualizar as normas de acordo com a evolução das práticas de mercado. A deliberação nº 42 de 2010, que tratava do mesmo tema, deixou de vigorar.

1.3. Metodologia

Com base na Metodologia de Cálculo de Liquidez para Fundos com Investimentos em Ativos de Crédito Privado (ANBIMA, 2014), pretende-se analisar, neste trabalho, um modelo de gerenciamento de risco de liquidez que permita ao gestor do fundo de investimento identificar possíveis distorções entre o fluxo de caixa dos ativos que compõem a carteira e a composição e comportamento do passivo, que são os resgates realizados pelos cotistas. A gestão de liquidez deve demonstrar que os valores necessários para saldar os resgates futuros estejam disponíveis, em preços justos e em prazos adequados.

Para estimar os resgates futuros, foram utilizados os dados de resgates efetuados desde o início do fundo para comparação dos modelos de previsão de séries temporais.

1.4. Estrutura

Este trabalho irá apresentar o conceito de risco de liquidez e seus objetivos dentro da indústria de fundos, descrever o mercado de títulos privados e explicar os aspectos teóricos referentes ao modelo proposto. Em seguida, serão apresentados os principais resultados obtidos a partir da implementação do modelo em um estudo de caso. Por fim, no último capítulo serão apresentadas as conclusões do trabalho, assim como alternativas para aprimorar o gerenciamento da liquidez no mercado de títulos privados.

2. RISCO DE LIQUIDEZ

O conceito de liquidez, geralmente é definido como a capacidade de se negociar rapidamente uma grande quantidade de um ativo sem que seu preço apresente variações substanciais. Sharpe, Alexander e Bailey (1999) referem-se à liquidez como sendo: “habilidade dos investidores de realizarem seus ativos (ações, títulos de dívida) por preços semelhantes aos quais os ativos foram negociados recentemente, supondo que não haja nenhuma nova informação desde a última operação”.

Assim, o risco de liquidez consiste na possibilidade de redução ou mesmo inexistência de compradores pelos títulos integrantes da carteira dos fundos, nos mercados financeiros ou de capitais em que são negociados. É possível que em um determinado momento sejam encontradas dificuldades para negociar os ativos pelo preço e tempo desejado, resultando em dificuldade dos fundos em efetuar os resgates dentro do prazo estabelecido em seu regulamento. Dado o relacionamento entre a liquidez e o preço da transação, uma abordagem que considere explicitamente estes dois fatores torna-se necessária para que haja um melhor gerenciamento do portfólio. O estabelecimento de estratégias ótimas de liquidação da carteira está baseado nesta ideia e, portanto, torna-se importante a observação de dois tipos de riscos (Jorion, 2003):

- Risco de Liquidez de Ativo: é o risco de não poder executar uma transação ao preço de marcação a mercado em função do tamanho da posição ser maior que o volume normalmente transacionado no mercado;
- Risco de Liquidez de Fluxo de Caixa: esta definição se refere ao perfil de descasamento do ativo e passivo de um fundo, diz respeito à incapacidade em cumprir com alguma obrigação, forçando a liquidação de ativos em condições desfavoráveis.

O risco de liquidez tende a potencializar outros tipos de risco, como os de crédito e de mercado, mas o inverso também pode ocorrer (o risco de crédito, por exemplo,

pode gerar problemas de caixa). A manutenção de ativos ilíquidos no portfólio é função da sua rentabilidade esperada no longo prazo. Porém, para os propósitos de alocação de ativos, é crítico que as classes de ativos ilíquidos sejam comparáveis às de ativos líquidos. Budhraj e Figueiredo Jr. (2005) procuram estimar os verdadeiros riscos e os benefícios de diversificação que as classes de ativos ilíquidos proporcionam.

Em fundos de investimento, deve-se monitorar a liquidez potencial por meio do controle do comportamento do passivo, privilegiando-se as aplicações mais líquidas em uma proporção tanto maior quanto mais próximas forem as projeções de pagamento de resgates. Além do acompanhamento dos fluxos de caixa, é importante recorrer à diversificação, que pode ser usada para gerenciar os dois tipos de riscos de liquidez citados anteriormente. Em particular, pode-se avaliar o *trade-off* entre liquidez, diversificação e retorno de ativos por meio da análise do descasamento entre ativos e passivos.

A gestão do risco de descasamento entre ativos e passivos visa garantir o pagamento de resgates ao menor custo e maior segurança possíveis. Porém, como os ativos mais seguros são também os que apresentam menores retornos, devem ser assumidos riscos para que se aumentem as possibilidades de maiores retornos.

2.1. Mercado de Títulos Privados

De acordo com a teoria da preferência pela liquidez, a demanda por ativos financeiros é influenciada fundamentalmente pelo estado de expectativas dos agentes, sob condições de incerteza, que define as condições de retorno e de liquidez destes ativos. Deste modo, quanto maior a incerteza percebida mais os agentes passam a valorizar os atributos de maior liquidez dos ativos em detrimento da rentabilidade, e com isto aumenta o prêmio de risco cobrado para aquisição de títulos de maior maturidade e/ou de baixa liquidez. Alternativamente, quanto menor a incerteza percebida, maior a propensão ao risco do investidor, sendo os atributos de

rentabilidade privilegiados em relação à liquidez dos ativos financeiros. Estas preferências determinam não só a composição dos portfólios dos agentes investidores como o prêmio de risco que cobram para adquirir ativos financeiros menos líquidos.

Uma das implicações importantes desta abordagem teórica para análise do mercado de títulos privados é que as condições de oferta de títulos corporativos são, em boa medida, determinadas pela percepção de risco e retorno dos investidores. O ambiente macroeconômico e a política econômica têm um papel fundamental na determinação da demanda e oferta por títulos e nas condições sob as quais os títulos são ou poderão ser emitidos. Do lado do ofertante de títulos corporativos, o crescimento econômico e o comportamento das taxas de juros e de câmbio são fundamentais para definir a oferta de títulos. Do lado dos demandantes de títulos, além do ambiente macroeconômico em geral, a política de juros do banco central afeta de forma importante o grau de aversão a riscos dos investidores.

A existência de mercados secundários organizados para títulos privados também é um fator importante no desenvolvimento do mercado de títulos ao proporcionar maior liquidez aos ativos financeiros de maturidade mais longa e, com isto, podendo estimular a demanda por tais ativos. Por outro lado, deve-se considerar a relação entre dívida pública e dívida privada de empresas não-financeiras, já que o desenvolvimento do primeiro permitiria o desenvolvimento do segundo, ao estabelecer uma infraestrutura necessária para a comercialização de títulos de dívida. Ao mesmo tempo o mercado de dívida pública pode estabelecer um *benchmark* para o mercado privado, ao permitir formar uma curva de rendimentos que contribua para identificar o custo de oportunidade de fundos para os investidores e poupadores.

No caso do Brasil devem-se considerar algumas características peculiares do país, que têm implicações importantes do ponto de vista do desenvolvimento do mercado de títulos privados. Em primeiro lugar, o histórico de instabilidade macroeconômica que marcou a economia brasileira desde os anos 1980 é o fator principal na formação do perfil de dívida de curto prazo e com parcela significativa constituída por títulos atrelados à taxa Selic e a DI. As incertezas que têm cercado o

comportamento da economia brasileira têm sido grandes o suficiente para desestimular horizontes maiores de expectativas para investidores e empresas no país. Em segundo lugar, em que pese o elevado desenvolvimento do mercado de títulos públicos, a existência de uma boa parte da dívida pública sob a forma de títulos indexados a Selic (LFT), herança do período de alta inflação, acaba por inibir e deformar o mercado de títulos privados no Brasil, uma vez que a combinação risco-retorno dos títulos públicos é uma das melhores entre os ativos financeiros, por combinar baixo risco, alta liquidez e rentabilidade. Isto resulta em uma alta demanda por aplicações nos chamados fundos de depósitos interbancários (DI) ou diretamente por títulos públicos federais. Portanto, a forma de gestão da dívida pública no Brasil acaba sendo determinante nas preferências do investidor, ao moldar uma combinação risco-retorno que privilegia aplicações indexadas a taxa Selic e a taxa DI ou aplicações de renda fixa de curto prazo.

Neste contexto, os emissores de títulos corporativos privados prefixados de maturidade mais longa, para emitirem tais papéis, teriam que pagar um prêmio de risco extremamente elevado para compensar sua baixa liquidez, seu maior risco de mercado e maior risco de *default*, o que tornaria muito cara e/ou com maturidade muito curta sua emissão, e que poderia ser incompatível com a rentabilidade do negócio da empresa. Assim, as empresas acabam emitindo debêntures ou FIDC com remuneração média e prazo médio, mas com características relativamente semelhantes às LFT, com um prêmio de risco maior.

2.1.1. Liquidez no Mercado de Títulos Privados

Segundo dados da ANBIMA (2015), o estoque de títulos privados no mercado de renda fixa atingiu R\$ 2,012 trilhões em Dezembro/2014, sendo R\$ 923 bilhões em títulos bancários, R\$ 694 bilhões em título corporativos, R\$ 391 bilhões em títulos de crédito e R\$ 4 bilhões em operações estruturadas.

Embora o estoque tenha aumentado nos últimos anos, o volume de negócios em relação ao estoque de títulos privados continua baixo. Para demonstrar a baixa liquidez deste mercado, segue abaixo tabela contendo os volumes de negócios em relação aos estoques de títulos bancários e corporativos em Dezembro/2014:

Título Bancário	Estoque (R\$ milhões)	Negócios (R\$ milhões)	% Negócios / Estoque
CDB	539.770	3.222	0,60%
DPGE	22.599	225	1,00%
Letras de Câmbio	4.326	173	4,00%
Letra Financeira	355.585	12.356	3,47%
RDB	513	0	0,00%
TOTAL	922.793	15.976	1,73%

Título Corporativo	Estoque (R\$ milhões)	Negócios (R\$ milhões)	% Negócios / Estoque
Debêntures	674.856	14.538	2,15%
CIA - Audiovisual	23	0	0,00%
LAM	1.199	54	4,50%
Notas Promissórias	17.736	173	0,98%
TOTAL	693.814	14.765	2,13%

Tabela 1: Volume de negócios de títulos bancários e corporativos

3. DESENVOLVIMENTO TEÓRICO

Neste capítulo é apresentada uma síntese dos conceitos e aspectos teóricos e práticos envolvidos na análise de séries temporais, necessários para o desenvolvimento do estudo de caso.

3.1. Técnicas de Previsão

Uma previsão é estimativa do valor de uma variável (ou conjunto de variáveis) em algum momento futuro baseada em informações de períodos passados e recentes. As técnicas de previsão podem ser divididas em duas categorias: técnicas qualitativas e quantitativas (ELSAYED; BOUCHER, 1994).

As técnicas qualitativas privilegiam principalmente dados subjetivos, os quais são difíceis de representar numericamente. Estão baseadas na opinião e no julgamento de especialistas no assunto.

As técnicas quantitativas envolvem a análise numérica dos dados passados e aplicam-se modelos matemáticos e diferentes métodos estatísticos com o objetivo de projetar valores futuros.

As duas principais técnicas são as séries temporais e os modelos estruturais. A análise de séries temporais compreende modelos com os quais se realizam previsões a partir dos valores passados, não sofrendo influência de outras variáveis. Nos modelos estruturais a análise é feita a partir das observações de variáveis emparelhadas (STEVENSON, 1981). Neste estudo de caso é abordada a análise de séries temporais.

3.2. Análise de Séries Temporais

O conceito de séries temporais está relacionado a um conjunto de observações sobre uma determinada variável, ordenado no tempo e registrado em períodos regulares. São exemplos de séries temporais os índices diários da bolsa de valores de São Paulo (IBOVESPA), os valores mensais do IPCA, o PIB anual de um país, entre outros.

A suposição básica que norteia a análise de séries temporais é que há um sistema causal mais ou menos constante, relacionado com o tempo, que exerceu influência sobre os dados no passado e pode continuar a fazê-lo no futuro. Este sistema causal costuma atuar criando padrões não aleatórios que podem ser detectados em um gráfico da série temporal, ou mediante algum outro processo estatístico.

Existem inúmeros métodos para a previsão de séries temporais, o fato de se utilizar métodos estatísticos mais complexos não significa necessariamente uma melhora nos resultados da previsão (MAKRIDAKIS; WHEELWRIGHT; MCGEE, 1983). Métodos simples podem render resultados muito satisfatórios dependendo de certas condições, além de permitir uma melhor interpretação dos resultados. Sendo assim, deve-se primeiro avaliar o tipo da série para então verificar a necessidade de aplicação de métodos mais complexos.

3.2.1. Definição

Uma série temporal é uma série de observações de uma variável aleatória em relação ao tempo. Assim, se Y_i é uma variável aleatória de interesse no tempo i , e se observações são tomadas nos tempos $i = 1, 2, \dots, t$, então os valores observados $\{Y_1 = y_1, Y_2 = y_2, \dots, Y_t = y_t\}$ são uma série temporal.

A característica mais importante deste tipo de dados é que as observações vizinhas são dependentes e estamos interessados em analisar e modelar esta dependência.

A maior parte dos procedimentos estatísticos foi desenvolvida para analisar observações independentes, então o estudo de séries temporais requer o uso de técnicas específicas que consideram a correlação entre as realizações nos instantes de tempo. Dados de séries temporais surgem em vários campos do conhecimento e existem algumas características particulares a esse tipo de dados:

- Observações correlacionadas são mais difíceis de analisar e requerem técnicas específicas.
- Precisa-se levar em conta a ordem temporal das observações.
- Fatores complicadores como presença de tendências e variação sazonal ou cíclica, podem ser difíceis de estimar ou remover.
- A seleção de modelos pode ser bastante complicada, e as ferramentas podem ser de difícil interpretação.
- É mais difícil de lidar com observações perdidas e dados divergentes, devido à natureza sequencial.

O conjunto de dados de uma série temporal pode ser de dois tipos: discreto, quando as observações são obtidas em intervalos de tempos específicos; ou contínuo, quando as observações são feitas continuamente no tempo (BOX, JENKINS e REINSEL, 1994).

3.2.2. Objetivos

De acordo com MORETTIN e TOLOI (1981), os objetivos de se analisar uma série temporal são os seguintes:

- 1) Descrição: propriedades da série como, por exemplo, o padrão de tendência, a existência de alterações estruturais, etc.
- 2) Explicação: construir modelos que permitam explicar o comportamento da série no período observado.
- 3) Controle de Processos: por exemplo, controle estatístico de qualidade.
- 4) Previsão: prever valores futuros com base em valores passados.

Para atingir esses objetivos, necessita-se identificar padrões não aleatórios na série temporal de uma variável de interesse, e a observação deste comportamento passado pode permitir fazer previsões sobre o futuro, orientando a tomada de decisões.

3.2.3. Padrões nas Séries Temporais

Conforme KRAJEWSKI e RITZMAN (1999), são observados cinco padrões básicos em séries temporais:

- (i) Linearidade: é a série temporal no qual ocorre flutuação dos dados em torno de uma média constante;
- (ii) Tendência: ocorre quando a série temporal apresenta um acréscimo ou decréscimo em sua média ao longo do tempo;

- (iii) Sazonal: é um padrão de acréscimos e decréscimos que se repete em períodos determinados de tempo da série temporal, que podem ser em dias, semanas, meses ou anos;
- (iv) Cíclicos: são padrões de acréscimos ou decréscimos graduais no valor da média de observações da série temporal em períodos mais longos de tempo;
- (v) Randômico: ocorre quando não se pode prever o comportamento da série.

3.3. Métodos de Previsão para Modelos com Valor Constante

A representação matemática para uma série temporal $Y_1, \dots, Y_t$, sem tendência e sem sazonalidade, composta de seu nível mais um erro aleatório pode ser dada por:

$$Y_i = \mu_i + e_i, \quad i = 1, 2, \dots, t$$

onde e_i é o erro aleatório ocorrido no tempo i com $E(e_i) = 0$ e $Var(e_i) = \sigma^2$ e μ_i é um parâmetro desconhecido que representa o nível da série e pode variar lentamente com o tempo.

F_{t+1} é a previsão do valor da série temporal no tempo $t + 1$, dado os valores observados $\{Y_1 = y_1, Y_2 = y_2, \dots, Y_t = y_t\}$.

3.3.1. Modelo de Média Móvel

O modelo de média móvel utiliza, para previsão do tempo $t + 1$, a média aritmética das k observações mais recentes, ou seja:

$$F_{t+1} = \frac{Y_t + Y_{t-1} + Y_{t-2} + \dots + Y_{t-k+1}}{k}$$

Neste caso quanto maior for a janela de observações maior o efeito de alisamento na previsão. Sendo assim, se a série em estudo apresentar muita aleatoriedade em seus padrões, como neste estudo de caso, um número maior de observações podem ser utilizadas no cálculo da média móvel, ou seja, pode-se dizer que a média móvel neste caso fica mais imune a ruídos e movimentos curtos. Já para o caso de séries que apresentam pouca flutuação aleatória nos dados, um número menor deve ser usado para o tamanho da janela de observações, pois caso contrário, a série prevista poderá reagir de maneira muito lenta a mudanças significativas.

MORETTIN e TOLOI (2006) ressaltam algumas desvantagens que este método apresenta. Ele é utilizado somente para prever séries estacionárias, caso contrário, a precisão obtida será muito pequena, pois os pesos atribuídos às k observações são todos iguais e nenhum peso é dado às observações anteriores.

3.3.2. Modelo de Alisamento Exponencial

O modelo de alisamento exponencial é semelhante ao modelo de médias móveis, pois ambos extraem das observações o comportamento aleatório dos dados históricos da série. A diferença entre estes dois métodos é que, em se tratando do método de média móvel, as observações usadas para encontrar a previsão do valor futuro contribuem em igual proporção para o cálculo da previsão, enquanto que no método de alisamento exponencial os pesos das observações decaem exponencialmente do mais recente para o mais antigo.

A fórmula para o cálculo do alisamento exponencial é definida na equação abaixo:

$$F_{i+1} = \alpha Y_i + (1 - \alpha)F_i$$

Onde: F_{i+1} representa a previsão no tempo $i + 1$, α ($0 < \alpha < 1$) é o peso atribuído à observação, também conhecido como constante de alisamento, Y_i é a observação mais recente (último valor observado), e F_i é o valor da previsão anterior. Pode-se dizer então que este método utiliza apenas o último valor observado, a previsão no momento anterior e um valor para a constante α .

No início do processo de previsão deve-se escolher um valor inicial para F_1 qualquer e um valor para α que deve estar entre 0 e 1. Valores de α pequenos produzem previsões que dependem mais das observações passadas, pois o peso das mesmas será então maior. Enquanto valores de α próximos de 1 dependem das observações mais recentes, que são as observações que recebem o maior peso.

Para determinar os valores de F_1 e α deve-se utilizar um instrumento de comparação entre os valores previstos e realizados, como o erro absoluto médio (EAM). Neste estudo de caso, os valores ideais são aqueles que minimizam o EAM.

3.4. Regressão Linear

O modelo de regressão linear, segundo Krajewski, Ritzman e Malhotra (2009), é um dos modelos causais mais conhecidos e utilizados, que consiste de uma variável chamada de dependente estar relacionada a uma ou mais variáveis independentes por uma equação linear. Segundo MAKRIDAKIS (1998) a equação genérica de regressão linear simples, adaptada ao contexto de previsão, é dada por:

$$Y_i = a + bX_i + e_i, \quad i = 1, 2, \dots, t \quad (2)$$

onde:

Y_i é uma variável dependente Y observada no tempo i ;

X_i é uma variável independente X observada no tempo i ;

a e b são os valores constantes do modelo;

e_i é o erro aleatório ocorrido no tempo i com $E(e_i) = 0$ e $Var(e_i) = \sigma^2$.

A relação deste tipo de regressão é representada por uma reta, logo as previsões são pontos dessa reta. Para que sejam feitas extrapolações é necessário que a correlação entre X e Y seja suficientemente forte, garantindo um valor do coeficiente de correlação R^2 próximo de 1.

O coeficiente de correlação mede o ajuste do modelo proposto aos dados amostrais, ou seja, quanto o modelo explica da variação dos dados presente na parte estocástica do modelo. Valores próximos a zero indicam que o modelo não é adequado à série.

Em regressão linear simples o objetivo é determinar as estimativas dos parâmetros a e b que minimizam o erro. O erro e_i é a diferença entre o valor da variável dependente Y_i observada e sua estimativa $\hat{Y}_i$ fornecida pelo modelo. O método dos mínimos quadrados é o mais utilizado para estimar os parâmetros dessa regressão (STEVENSON, 1981).

3.5. Metodologia de Box & Jenkins

Uma das técnicas quantitativas mais difundidas é a metodologia de Box & Jenkins, descrita por esses autores na década de 70. Os modelos de Box & Jenkins partem da ideia de que cada valor de uma série temporal pode ser explicado por valores prévios, a partir do uso da estrutura de correlação temporal que geralmente existe entre os valores da série. Os modelos Box-Jenkins têm sido largamente utilizados para modelagem de previsão em aplicações médicas, ambientais, financeiras e de engenharia.

3.5.1. Processos Estacionários

Se o processo estocástico que gerou a série de observações é invariante com respeito ao tempo, diz-se que o mesmo é estacionário. Uma série é estacionária quando ela se desenvolve no tempo ao redor de uma média e variância constantes, indicando um padrão de equilíbrio. Assim, uma série Y_t será estacionária se a média e a variância forem constantes ao longo do tempo, ou seja, $E(Y_t) = \mu$ e $Var(Y_t) = \sigma^2$.

Se o processo estocástico não for estacionário, este pode se tornar estacionário por meio de sucessivas diferenciações da série original. Para isso, deve-se remover os padrões não necessários na série tomando-se um número finito de diferenças d (MORETTIN; TOLOI, 1981). A diferenciação é feita utilizando-se um operador de retardo L , tal que,

$$LY_t = Y_{t-1}$$

então se tem:

$$\nabla Y_t = Y_t - Y_{t-1} = (1 - L)Y_t,$$

portanto:

$$\nabla = 1 - L.$$

Se a ordem da diferenciação é 2, tem-se:

$$\omega_t = (Y_t - Y_{t-1}) - (Y_{t-1} - Y_{t-2}) = Y_t - 2Y_{t-1} + Y_{t-2} = \nabla^2 Y_t$$

Na maioria dos casos a estacionariedade da série é obtida após uma ou duas diferenças (MORETTIN; TOLOI, 1981).

3.5.2. Modelo de Filtro Linear

Este modelo supõe que a série temporal seja gerada através de um filtro linear ou sistema linear, cuja entrada é ruído branco a_i (MORETTIN; TOLOI, 2006).

O filtro linear consiste na soma das observações aleatórias a_i anteriores com atribuição de diferentes pesos a cada observação, como mostrado na equação:

$$Y_i = \mu + a_i + \psi_1 a_{i-1} + \psi_2 a_{i-2} + \dots = \mu + \psi(L)a_i$$

em que

$$\psi(L) = 1 + \psi_1 L + \psi_2 L^2 + \dots$$

Esta equação denominada função de transferência do filtro é responsável pela transformação de a_i em Y_i , e μ é um parâmetro determinando o nível da série (MORETTIN; TOLOI, 2006).

A sequência dos pesos ψ pode ser finita ou infinita. Independente disso, a soma desses pesos será determinante para a análise da série. Se esta soma tiver um resultado menor que o infinito, então o filtro é estável e o processo Y_i é estacionário, se Y_i é estacionário, μ é a média ao redor da qual o processo varia.

3.5.3. Modelos Auto-regressivos (AR)

Os modelos auto-regressivos são um caso especial de filtro linear. A principal característica do modelo auto-regressivo é que em lugar das variáveis independentes o processo se utilizará dos valores prévios da série para estimação do modelo.

Considerando a série temporal Y , com observações $Y_i, Y_{i-1}, Y_{i-2}, \dots$, e seus desvios da média $\tilde{Y}_i, \tilde{Y}_{i-1}, \tilde{Y}_{i-2}, \dots$, dados por:

$$\tilde{Y}_i = Y_i - \mu$$

Então o chamado processo auto-regressivo de ordem p , simbolicamente definido por $AR(p)$ é estimado por:

$$Y_i = c + \varphi_1 Y_{i-1} + \varphi_2 Y_{i-2} + \dots + \varphi_p Y_{i-p} + e_i,$$

onde:

Y_i é uma variável aleatória observada no tempo i ;

c é o valor constante da série;

φ_j é o parâmetro auto-regressivo, $j = 1, 2, \dots, p$;

e_i é o erro aleatório ocorrido no tempo i com $E(e_i) = 0$ e $Var(e_i) = \sigma^2$.

Para a simplificação do modelo, utiliza-se um operador auto-regressivo de ordem p , dado por:

$$\varphi(L) = 1 - \varphi_1 L - \varphi_2 L^2 - \dots - \varphi_p L^p$$

A estacionariedade é garantida se todas as raízes da equação $\varphi(L) = 0$, com base no polinômio apresentado pela equação acima forem menores do que 1 em módulo (GARCIA, 2013).

3.5.4. Modelos de Médias Móveis (MA)

Considerando um processo linear $Y_i = \mu + \psi(L)e_i$ e suponha que $\psi_j = 0, j > q$, obtemos um processo de médias móveis de ordem q , que denotaremos por MA(q) (MORETTIN; TOLOI, 2006).

O modelo de médias móveis (MA) pode ser representado por uma soma ponderada de ruídos, observados em cada período passado. A representação deste modelo pode ser definida por (MAKRIDAKIS; WHEELWRIGHT; MCGEE, 1983):

$$Y_i = c + e_i - \theta_1 e_{i-1} - \theta_2 e_{i-2} - \dots - \theta_q e_{i-q},$$

onde:

Y_i é uma variável aleatória observada no tempo i ;

c é o valor constante da série;

θ_j é o parâmetro de média móvel, $j = 1, 2, \dots, q$;

e_i é o erro aleatório ocorrido no tempo i com $E(e_i) = 0$ e $Var(e_i) = \sigma^2$.

Similarmente ao processo auto-regressivo, utiliza-se um operador de média móvel de ordem q para simplificar a representação do modelo, que é dado por:

$$\theta(L) = 1 - \theta_1 L - \theta_2 L^2 - \dots - \theta_q L^q.$$

Para esta expressão não há restrições sobre os parâmetros θ_j para que o processo seja estacionário.

3.5.5. Modelos Auto-Regressivos e de Média Móvel (ARMA)

De acordo com Garcia (2013), um processo ARMA(p, q) inclui termos auto-regressivos e de média móvel. Este modelo é dado por:

$$Y_i = c + \varphi_1 Y_{i-1} + \dots + \varphi_p Y_{i-p} - \theta_1 e_{i-1} - \dots - \theta_q e_{i-q} + e_i,$$

ou de forma simplificada:

$$\varphi(L)Y_i = c + \theta(L)e_i$$

Analisando esta equação, é possível verificar que os modelos ARMA relacionam os valores das observações passadas com os erros passados apurados.

3.5.6. Determinação das Ordens de Modelos AR, MA e ARMA

As ordens p e q de modelos AR, MA e ARMA são desconhecidas e devem ser obtidas empiricamente. Para determinar os valores dessas ordens, a técnica mais utilizada na prática emprega critérios de informação (GARCIA, 2013).

O critério de informação mais conhecido é o de Akaike (AIC – Akaike Information Criterion). Para um modelo ARMA(p, q), AIC é definido por:

$$AIC(p, q) = \ln(\text{Var}(e_i)) + \frac{2(p + q)}{N}$$

onde N é o número de elementos da série temporal utilizados no modelo.

O primeiro termo de AIC nessa equação mede a aderência do modelo ARMA(p, q) aos dados reais e o segundo termo é chamado de função-penalização, pois penaliza

um modelo candidato em função do número de parâmetros utilizados. Critérios de informação diferentes são resultados de diferentes funções-penalização.

Para modelos AR, considera-se $q = 0$ e para modelos MA, considera-se $p = 0$.

Outro critério de Akaike normalmente aplicado é o Erro Final de Predição (FPE – Final Prediction Error). Para um modelo ARMA(p, q), este critério é dado por:

$$FPE(p, q) = Var(e_i) \cdot \frac{1 + \frac{p+q}{N}}{1 - \frac{p+q}{N}}$$

Para determinar as ordens de um modelo ARMA, é necessário calcular os critérios de informação para diversos valores de p e q e escolher o modelo com o mínimo valor do critério de informação (GARCIA, 2013).

Dependendo do critério de informação escolhido podem-se obter diferentes valores para as ordens p e q . Não existem evidências de que um método seja melhor que o outro. Neste estudo de caso são considerados os dois critérios AIC e FPE.

Para quantificar a aderência do modelo com os dados reais, foi calculado no Matlab o índice de ajuste (fit), definido por:

$$fit(\%) = 100. \left(1 - \frac{\|\hat{Y}_t - Y_t\|_2}{\|Y_t - \bar{Y}\|_2} \right)$$

4. ESTUDO DE CASO

Este capítulo descreve a metodologia e os critérios adotados para estudar os aspectos relativos ao risco de liquidez em um fundo de crédito privado.

4.1. Características do Fundo

Foi selecionado um fundo de investimento não exclusivo e não destinado a investidores qualificados que pode investir até 100% do patrimônio líquido em ativos de crédito privado. As regras de movimentação do fundo são:

Carência	Aplicação Máxima	Aplicação Mínima Inicial	Aplicação Mínima Adicional	Resgate Mínimo	Saldo Mínimo
Não há	Não há	Não há	Não há	Não há	Não há
Conversão Cotas Aplicação		Conversão Cotas Resgate		Pagamento do Resgate	
D+0		D+0		D+0	

Tabela 2: Regras de movimentação do fundo

O fundo tem como objetivo proporcionar aos seus cotistas a valorização de suas cotas por meio da aplicação dos recursos em carteira diversificada de ativos financeiros indexados a taxas de juros prefixadas, pós-fixadas (SELIC/CDI) e/ou índices de preços.

Os ativos financeiros que compõem a carteira do fundo estão expostos diretamente ao risco das variações das taxas de juros prefixadas, pós-fixadas (SELIC/CDI) e/ou índices de preços.

O prazo médio da carteira do fundo é superior a 365 dias.

De acordo com a política de investimento, os limites para composição da carteira do fundo são:

I - Até 100% em títulos públicos federais, em operações finais e/ou compromissadas.

II - Até 100% em ativos financeiros privados emitidos por instituição financeira autorizada a funcionar pelo Banco Central do Brasil, observado o limite de concentração por emissor de até 20% do patrimônio líquido do fundo.

III - Até 100% em ativos financeiros privados emitidos por Companhia Aberta, desde que registrados na CVM e objeto de oferta pública, de acordo com a legislação vigente, observado o limite de concentração por emissor de até 10% do patrimônio líquido do fundo.

IV - Até 20%, cumulativamente, em:

a) Ativos financeiros emitidos por Companhia Aberta por meio de ofertas públicas distribuídas com esforços restritos, de acordo com a legislação vigente, observado o limite de concentração por emissor de até 10% do patrimônio líquido do fundo.

b) Ativos financeiros privados emitidos por Companhia Aberta por meio de oferta privada, observado o limite de concentração por emissor de até 10% do patrimônio líquido do fundo.

c) Ativos financeiros privados emitidos por pessoa jurídica de direito privado que não seja companhia aberta ou instituição financeira autorizada a funcionar pelo Banco Central do Brasil, observado o limite de concentração por emissor de até 5% do patrimônio líquido do fundo.

d) Cotas de Fundos de Investimento – FI e de Fundos de Investimento em Cotas de Fundos de Investimento – FIC, observado o limite de 10% de concentração por emissor.

e) Cotas de Fundos de Investimento Imobiliário – FII, observado o limite de 10% de concentração por emissor.

f) Cotas de Fundos de Investimento em Direitos Creditórios – FIDC e/ou cotas de Fundos de Investimento em Cotas de Fundos de Investimento em Direitos Creditórios – FICFIDC, observado o limite de 10% de concentração por emissor.

g) Certificado de Recebíveis Imobiliários – CRI; Cédulas de Crédito Bancário – CCB; Certificado de Cédulas de Crédito Bancário – CCCB; Cédula de Crédito Imobiliário – CCI; observado o limite de 5% de concentração por emissor.

h) Operações compromissadas lastreadas em ativos financeiros privados:

- i) dispensados os limites por emissor quando se tratarem de compra, pelo fundo, com compromisso de revenda, com garantia de liquidação por câmaras ou serviços de compensação e liquidação, autorizados a funcionar pelo Banco Central do Brasil ou pela CVM.
- ii) observados os limites por emissor previstos na Política de Investimento para os ativos finais, caso a operação compromissada não conte com garantia de liquidação por câmaras ou serviços de compensação e liquidação, autorizados a funcionar pelo Banco Central do Brasil ou pela CVM.

Este fundo pode investir mais de 30% em ativos de crédito privado, estando sujeito a riscos de perda em caso de eventos que acarretarem o não pagamento dos ativos integrantes de sua carteira.

O fundo pode manter até 100% de seu patrimônio líquido aplicado em títulos de médio e alto risco de crédito.

Considera-se como de um mesmo emissor os ativos financeiros de responsabilidade de emissores integrantes de um mesmo grupo econômico, assim entendido o composto pelo emissor e por seus controladores, controlados, coligados ou com ele submetidos a controle comum.

4.2. Análise dos ativos que compõe a carteira

Com a divulgação da deliberação nº 56 do Código de Fundos de Investimento pela ANBIMA (2014), foram alteradas as diretrizes de gerenciamento de risco de liquidez, com o objetivo de atualizar as normas de acordo com a evolução das práticas de mercado. Essas diretrizes definem requisitos mínimos para o gerenciamento do risco de liquidez, cabendo ao gestor do fundo adotar procedimentos que reflitam pelo menos estes princípios, podendo adotar métodos mais conservadores.

A principal mudança se refere ao aprimoramento na estrutura dos manuais de gerenciamento de risco, que devem conter mais detalhes sobre a gestão de liquidez. Os métodos e critérios utilizados no gerenciamento de risco passam a ter definições mais claras, além da necessidade de seções específicas sobre tratamento do ativo e do passivo dos fundos.

Foi criada metodologia definida pelos Comitês da ANBIMA como requisitos mínimos aplicáveis a todos os fundos de investimento destinados ao público geral (investidores não qualificados) que possuam mais de 10% de seu patrimônio líquido em ativos de crédito privado.

De acordo com essa metodologia, para o cálculo de liquidez dos ativos são levados em consideração os prazos dos ativos, decompostos por fluxo de pagamento. Estes prazos são multiplicados pelo Fator de Liquidez 1 ("Fliq1") e pelo Fator de Liquidez 2 ("Fliq2"), obtendo-se um fator redutor do prazo do título ("Red"):

$$\text{Red} = \text{Fliq1} \times \text{Fliq2}$$

Red = Redutor do título;

Fliq1 = Fator de Liquidez 1, que incorpora a característica de liquidez do instrumento;

Fliq2 = Fator de Liquidez 2, que discrimina títulos com maior grau de negociabilidade (inicialmente debêntures), obtidos a partir dos principais indicadores de liquidez.

Segue abaixo os percentuais que são utilizados para Fliq1 e Fliq2, que poderão ser alterados, pelo organismo da Associação responsável pela gestão desta informação, de acordo com a situação de mercado (ANBIMA, 2014):

Ativo	Fliq1
CDB S (cláusula de recompra pela curva)	0%
Título Público	
Over	
Eurobond	25%
CDB N (sem recompra), CDB M (recompra a mercado)	50%
Letra Financeira	
Debenture ICVM400	
CDB Subordinado	75%
Letra Financeira Subordinada	
Debenture ICVM476	
Nota Promissória	
Fundo de Investimento Imobiliário admitido à negociação em bolsa de valores	
Debenture ICVM400 com cláusula de Call	
Debenture ICVM476 com cláusula de Call	100%
DPGE	
FIDC Fechado	
CCB, CCCB	
CRI, CRA, CDCA, CCI, CPR	
Letra de Crédito	
Compromissada	
Fundo de Investimento Imobiliário	
COE – Certificado de Operações Estruturadas	

Tabela 3: Fator de Liquidez Fliq1

Para os ativos não listados na Tabela de Fliq1, foi adotado o percentual mais conservador (100%).

Agosto 2014		
Ativo	Indexador	Fliq2
ECOV22	IPCA	50%
ODTR11	IPCA	
RDVT11	IPCA	
STEN23	IPCA	
TSAE22	IPCA	
VALE18	IPCA	

Tabela 4: Fator de Liquidez Fliq2

A Tabela de Fliq2 considera apenas os títulos com alto índice de negociabilidade no último mês para reduzir ainda mais o prazo do título em $Fliq1 \times Fliq2$. No caso dos ativos não listados, por ter baixa liquidez no mercado secundário, é considerado apenas o redutor Fliq1 e adotado o percentual mais conservador para Fliq2 (100%).

Para obtenção do prazo final dos títulos ajustado pela liquidez, foi multiplicado o prazo do fluxo do ativo pelo redutor do título obtido através da fórmula acima. Assim:

$$Paj = Pfi \times Red$$

Paj = Prazo do título ajustado pela liquidez;

Pfi = Prazo do fluxo;

Red = Redutor do título.

Segue abaixo a composição da carteira do fundo utilizado neste estudo de caso.

Ativos	% PL
Caixa/Over	24,52%
FIDC	0,70%
Debêntures	7,13%
CDB	11,72%
CDBSUB	0,02%
DPGE	9,12%
LF	34,87%
LFSUB	4,35%
LFT	7,58%
Total	100,00%

Tabela 5: Composição da carteira do fundo

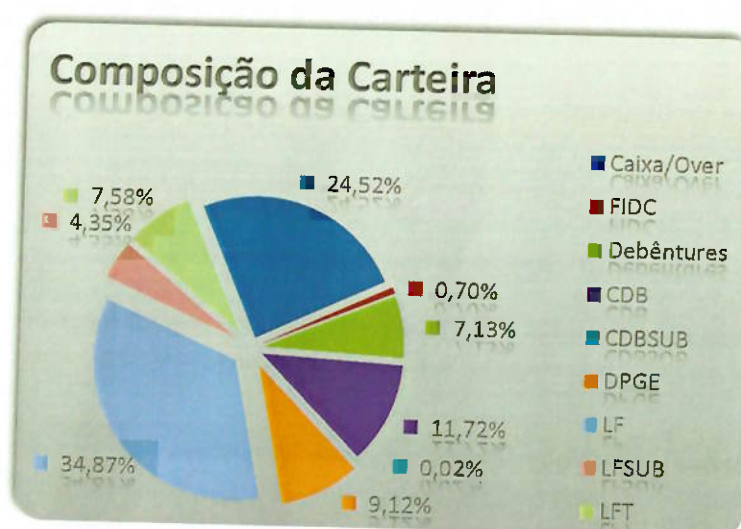


Figura 1: Composição da carteira do fundo

O fundo possui alocação de 32,10% em caixa, *over* e títulos públicos e 67,90% em ativos privados. Estes ativos são de diversos emissores e possuem diversos vencimentos que foram omitidos para preservar a confidencialidade das informações.

Com base na metodologia ANBIMA, foram calculados os fluxos de pagamento dos ativos em conjunto com o respectivo fator redutor conforme o tipo do ativo. Segue abaixo o fluxo de caixa acumulado em relação ao patrimônio líquido (PL) do fundo:

Vértices (Dias Úteis)	Fluxo de Caixa Acumulado (% PL)
1	32,57%
5	33,48%
21	39,75%
42	46,39%
63	47,35%
126	53,85%
252	79,11%

Tabela 6: Fluxo de caixa acumulado

O ativo *over* (operação compromissada de 1 dia) tem liquidez no dia seguinte à operação. Os títulos públicos federais são considerados de liquidez imediata devido ao alto índice de liquidez no mercado secundário. Os ativos CDB com cláusula de recompra podem ser recomprados pelo emissor a critério do fundo e possuem

liquidez imediata. Por essas características, os ativos *over*, títulos públicos e CDB com cláusula de recompra têm fator redutor 0% na metodologia ANBIMA (2014).

Para as debêntures, são considerados os fluxos de pagamentos de juros e amortizações e aplicado o fator redutor para cada prazo. Para os demais títulos privados é considerado o pagamento do principal no prazo de vencimento reduzido pelo respectivo fator redutor.

4.3. Análise de composição e comportamento do passivo

Para realizar a análise do passivo, foi estimado o comportamento do passivo do fundo para os mesmos vértices calculados para os ativos: 1, 5, 21, 42, 63, 126 e 252 dias úteis.

Os dados considerados na análise são de novembro de 2011 até dezembro de 2014, período que abrange todos os resgates efetuados desde o início do fundo. Para o estudo dos modelos de previsão foram analisados os dados até 2013, os dados de 2014 foram utilizados para validação e teste de desempenho, devido à necessidade de previsão de até 252 dias úteis.

Foram calculados os resgates percentuais diários dividindo o valor do resgate realizado em cada data pelo valor do patrimônio líquido do fundo na data anterior. Abaixo a representação gráfica da série temporal:

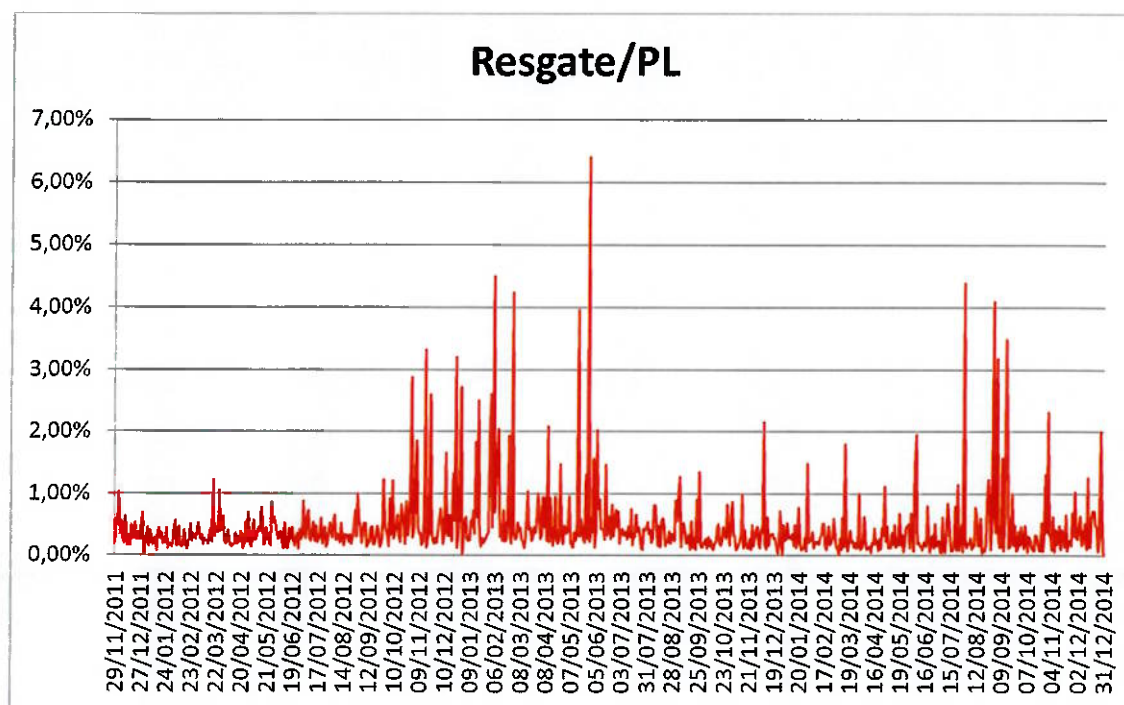


Figura 2: Série Temporal – Resgate Percentual Diário

4.3.1. Resultados das Previsões

Os resultados das previsões e os resgates realizados foram acumulados e comparados nos mesmos vértices dos ativos.

4.3.1.1. Média Total e Média Móvel

Inicialmente foram calculadas a média total de resgates e a média móvel dos últimos 252 dias úteis.

Média Total: 0,4769%

Média Móvel 252: 0,5354%

Vértices (DU)	Resgate Realizado	Média Total			Média Móvel 252		
		Previsão	Erro	Erro Absoluto	Previsão	Erro	Erro Absoluto
1	0,48%	0,48%	0,00%	0,00%	0,54%	-0,05%	0,05%
5	1,77%	2,36%	-0,59%	0,59%	2,65%	-0,87%	0,87%
21	6,83%	9,55%	-2,72%	2,72%	10,66%	-3,83%	3,83%
42	12,27%	18,19%	-5,92%	5,92%	20,19%	-7,92%	7,92%
63	17,67%	26,00%	-8,34%	8,34%	28,70%	-11,03%	11,03%
126	32,43%	45,24%	-12,82%	12,82%	49,16%	-16,73%	16,73%
252	64,66%	70,02%	-5,36%	5,36%	74,15%	-9,49%	9,49%
Média			-5,11%	5,11%		-7,13%	7,13%

Tabela 7: Comparação Média Total e Média Móvel

4.3.1.2. Alisamento Exponencial

Com a ferramenta Solver do Microsoft Excel, foi efetuado o alisamento exponencial para encontrar os valores de F_1 e α que minimizam o erro absoluto médio (EAM). Apesar de minimizar o erro absoluto médio, o erro médio (EM) da amostra e o erro de algumas projeções ficaram com valor positivo, o que significa que os valores previstos de resgate estão abaixo dos valores reais. Para esta modelagem é mais interessante que os valores previstos sejam maiores ou iguais aos valores reais em média. Diante disso, na minimização do EAM foi adicionada a restrição para que o EM seja menor ou igual a 0, este modelo foi chamado de Alisamento Exponencial Modificado.

Alisamento Exponencial (AE):

$$F_1 = 0,3266\%; \alpha = 0,0259\%; EM = 0,1419\%; EMA = 0,2605\%.$$

Alisamento Exponencial Modificado (AE Mod.):

$$F_1 = 0,4143\%; \alpha = 1,2658\%; EM = 0,0000\%; EMA = 0,2983\%.$$

Vértices (DU)	Resgate Realizado	Alisamento Exponencial			Alisamento Exponencial Mod.		
		Previsão	Erro	Erro Absoluto	Previsão	Erro	Erro Absoluto
1	0,48%	0,35%	0,14%	0,14%	0,41%	0,07%	0,07%
5	1,77%	1,72%	0,06%	0,06%	2,05%	-0,28%	0,28%
21	6,83%	7,02%	-0,19%	0,19%	8,35%	-1,52%	1,52%
42	12,27%	13,55%	-1,28%	1,28%	16,00%	-3,73%	3,73%
63	17,67%	19,61%	-1,94%	1,94%	23,01%	-5,35%	5,35%
126	32,43%	35,36%	-2,93%	2,93%	40,73%	-8,30%	8,30%
252	64,66%	58,19%	6,47%	6,47%	64,87%	-0,21%	0,21%
Média			0,04%	1,86%		-2,76%	2,78%

Tabela 8: Comparação Alisamento Exponencial e Alisamento Exponencial Mod.

4.3.1.3. Regressão Linear

Segue abaixo o gráfico do método de regressão linear:

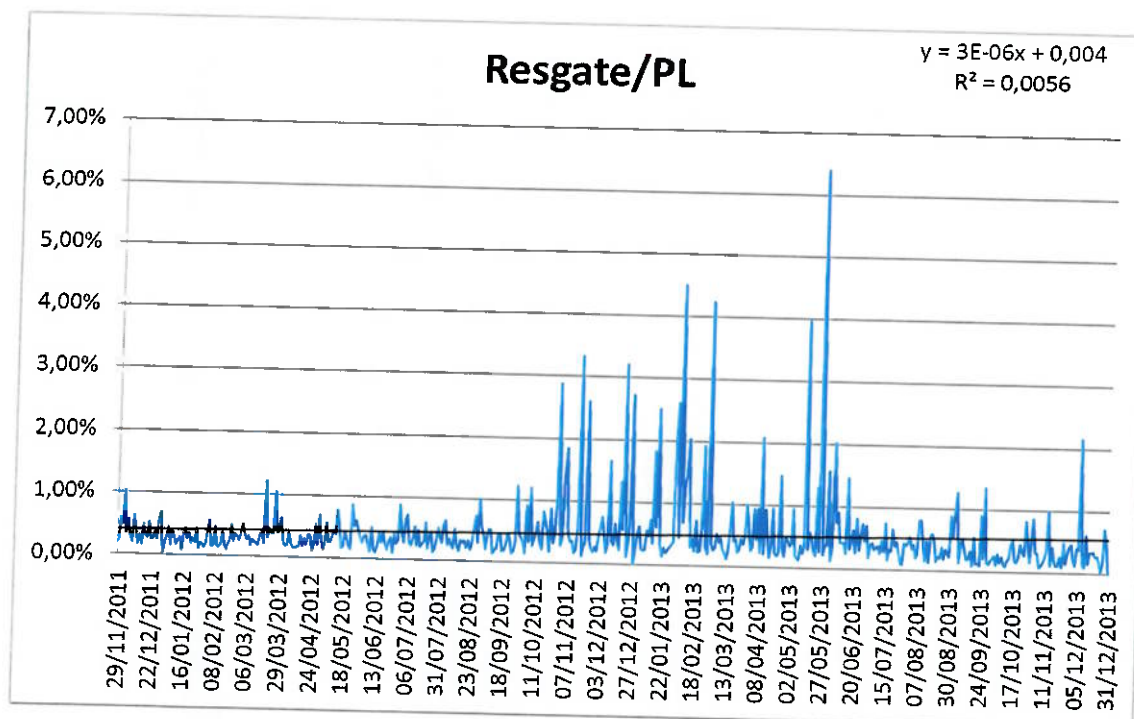


Figura 3: Regressão Linear

Como visto anteriormente, o valor do coeficiente de correlação R^2 próximo a 0 indica que o modelo não é adequado à série.

Para efeito de comparação, seguem os resultados da previsão utilizando a regressão linear:

Vértices (DU)	Resgate Realizado	Regressão Linear		
		Previsão	Erro	Erro Absoluto
1	0,48%	0,55%	-0,07%	0,07%
5	1,77%	2,73%	-0,95%	0,95%
21	6,83%	11,01%	-4,18%	4,18%
42	12,27%	20,91%	-8,64%	8,64%
63	17,67%	29,80%	-12,13%	12,13%
126	32,43%	51,26%	-18,83%	18,83%
252	64,66%	77,29%	-12,63%	12,63%
Média			-8,21%	8,21%

Tabela 9: Comparação Regressão Linear

4.3.1.4. Modelos AR

Para determinar a ordem do modelo $AR(p)$ foi implementado no Matlab um programa recursivo para calcular os valores da ordem que minimizar o AIC e o FPE.

Para o modelo $AR(p)$ foram feitas simulações para p variando de 1 até 126, sendo selecionados os modelos $AR(24)$ que minimiza o critério AIC e $AR(106)$ que minimiza o critério FPE.

MODELO AR(24)

Discrete-time IDPOLY model: $A(q)y(t) = e(t)$

$$\begin{aligned}
 A(q) = & 1 + 0.0115 q^{-1} - 0.09323 q^{-2} - 0.04671 q^{-3} - 0.1397 q^{-4} \\
 & + 0.03184 q^{-5} + 0.00669 q^{-6} - 0.05331 q^{-7} - 0.1181 q^{-8} \\
 & + 0.04818 q^{-9} + 0.08038 q^{-10} - 0.04862 q^{-11} - 0.1414 q^{-12} \\
 & + 0.03118 q^{-13} - 0.0855 q^{-14} - 0.1696 q^{-15} + 0.0254 q^{-16} \\
 & - 0.0529 q^{-17} - 0.02221 q^{-18} + 0.08341 q^{-19} + 0.05657 q^{-20} \\
 & + 0.06301 q^{-21} - 0.01222 q^{-22} + 0.03485 q^{-23} - 0.1558 q^{-24}
 \end{aligned}$$

Estimated using ARX

Loss function $2.68471e-005$ and FPE $2.92877e-005$

AIC = -10.4344439237080

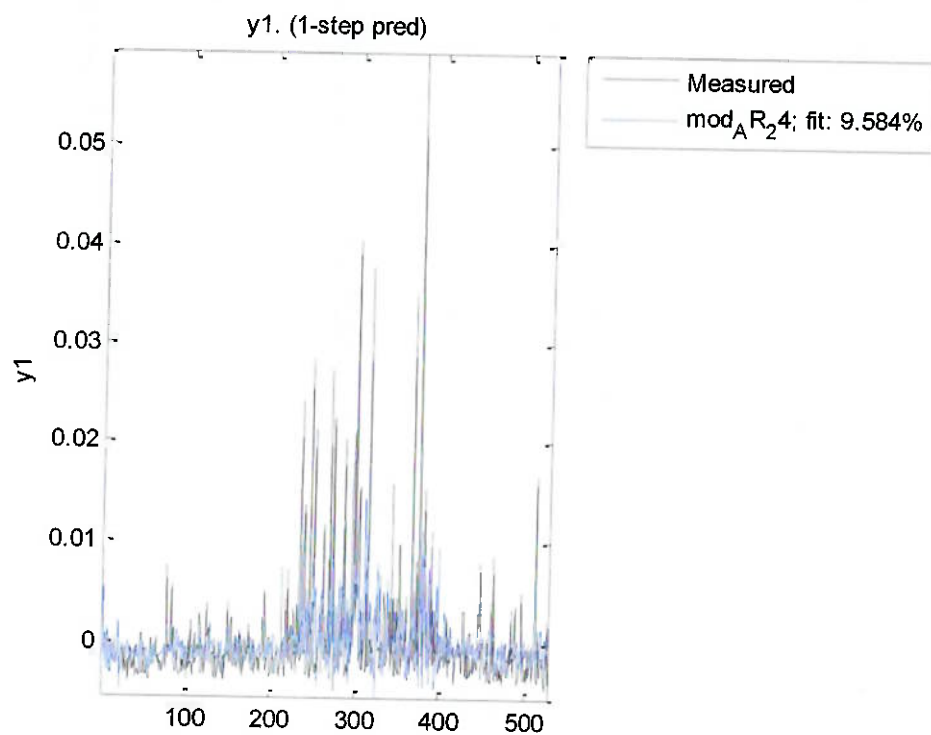


Figura 4: Modelo AR(24)

MODELO AR(106)

Discrete-time IDPOLY model: $A(q)y(t) = e(t)$

$$\begin{aligned}
 A(q) = & 1 + 0.02249 q^{-1} - 0.04265 q^{-2} - 0.04746 q^{-3} - 0.1293 q^{-4} \\
 & + 0.0459 q^{-5} + 0.04454 q^{-6} - 0.05264 q^{-7} - 0.113 q^{-8} \\
 & + 0.04625 q^{-9} + 0.1046 q^{-10} - 0.0304 q^{-11} - 0.1156 q^{-12} \\
 & + 0.02225 q^{-13} - 0.1127 q^{-14} - 0.163 q^{-15} - 0.006044 q^{-16} \\
 & - 0.05227 q^{-17} - 0.02256 q^{-18} + 0.06134 q^{-19} + 0.1066 q^{-20} \\
 & + 0.03987 q^{-21} - 0.01489 q^{-22} + 0.03863 q^{-23} - 0.1675 q^{-24} \\
 & + 0.08027 q^{-25} + 0.00566 q^{-26} - 0.03905 q^{-27} - 0.06401 q^{-28} \\
 & - 0.06198 q^{-29} - 0.04916 q^{-30} + 0.02388 q^{-31} - 0.09158 q^{-32} \\
 & + 0.006935 q^{-33} - 0.01616 q^{-34} - 0.03316 q^{-35} + 0.02572 q^{-36} \\
 & + 0.05971 q^{-37} - 0.06492 q^{-38} + 0.01062 q^{-39} + 0.01057 q^{-40} \\
 & - 0.0748 q^{-41} - 0.01635 q^{-42} + 0.06316 q^{-43} + 0.09638 q^{-44} \\
 & + 0.04208 q^{-45} + 0.05404 q^{-46} - 0.0059 q^{-47} - 0.01092 q^{-48} \\
 & - 0.02138 q^{-49} + 0.01433 q^{-50} + 0.004838 q^{-51} - 0.1356 q^{-52} \\
 & - 0.02442 q^{-53} - 0.02735 q^{-54} - 0.02437 q^{-55} + 0.1199 q^{-56} \\
 & + 0.06921 q^{-57} - 0.0002818 q^{-58} + 0.01499 q^{-59} - 0.1176 q^{-60} \\
 & - 0.00425 q^{-61} + 0.01225 q^{-62} - 0.009966 q^{-63} + 0.037 q^{-64} \\
 & - 0.07616 q^{-65} - 0.03206 q^{-66} - 0.03308 q^{-67} + 0.08669 q^{-68} \\
 & - 0.1514 q^{-69} - 0.01753 q^{-70} - 0.05071 q^{-71} - 0.03362 q^{-72} \\
 & + 0.01198 q^{-73} + 0.01408 q^{-74} - 0.1833 q^{-75} + 0.006958 q^{-76} \\
 & - 0.01322 q^{-77} - 0.006963 q^{-78} - 0.0209 q^{-79} - 0.09217 q^{-80} \\
 & + 0.06391 q^{-81} + 0.07162 q^{-82} + 0.1198 q^{-83} + 0.07896 q^{-84} \\
 & - 0.1034 q^{-85} - 0.001506 q^{-86} - 0.06166 q^{-87} + 0.01447 q^{-88} \\
 & + 0.01204 q^{-89} + 0.09047 q^{-90} + 0.06059 q^{-91} + 0.03145 q^{-92} \\
 & + 0.08653 q^{-93} + 0.02039 q^{-94} + 0.02488 q^{-95} - 0.04749 q^{-96} \\
 & - 0.0589 q^{-97} - 0.02068 q^{-98} + 0.0892 q^{-99} + 0.009262 q^{-100} \\
 & + 0.06461 q^{-101} + 0.03358 q^{-102} + 0.05422 q^{-103} + 0.07497 q^{-104} \\
 & - 0.07803 q^{-105} - 0.05554 q^{-106}
 \end{aligned}$$

Estimated using ARX

Loss function 2.04149e-005 and **FPE 2.86118e-005**

AIC = -10.3977307255288

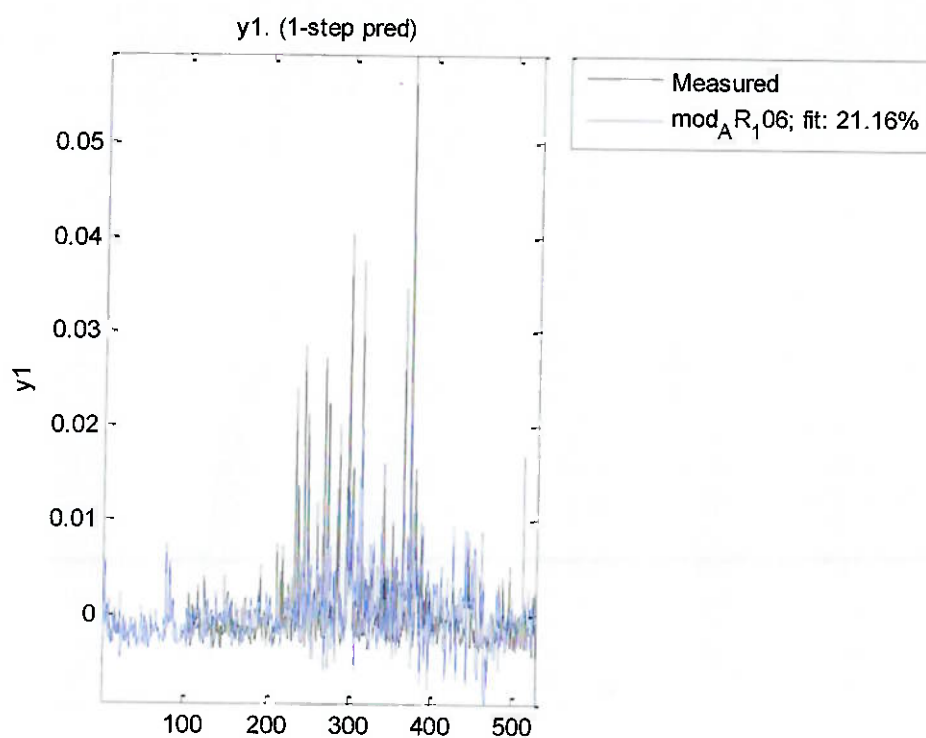


Figura 5: Modelo AR(106)

Segue abaixo a comparação dos modelos AR(24) e AR(106) com os resgates realizados:

Vértices (DU)	Resgate Realizado	AR(24)			AR(106)		
		Previsão	Erro	Erro Absoluto	Previsão	Erro	Erro Absoluto
1	0,48%	0,26%	0,22%	0,22%	0,35%	0,13%	0,13%
5	1,77%	1,61%	0,16%	0,16%	1,21%	0,56%	0,56%
21	6,83%	7,55%	-0,72%	0,72%	6,37%	0,46%	0,46%
42	12,27%	15,62%	-3,35%	3,35%	13,49%	-1,22%	1,22%
63	17,67%	23,34%	-5,68%	5,68%	21,30%	-3,63%	3,63%
126	32,43%	43,10%	-10,68%	10,68%	41,31%	-8,88%	8,88%
252	64,66%	68,84%	-4,18%	4,18%	68,84%	-4,18%	4,18%
Média			-3,46%	3,57%		-2,40%	2,72%

Tabela 10: Comparação entre modelos AR(24) e AR(106)

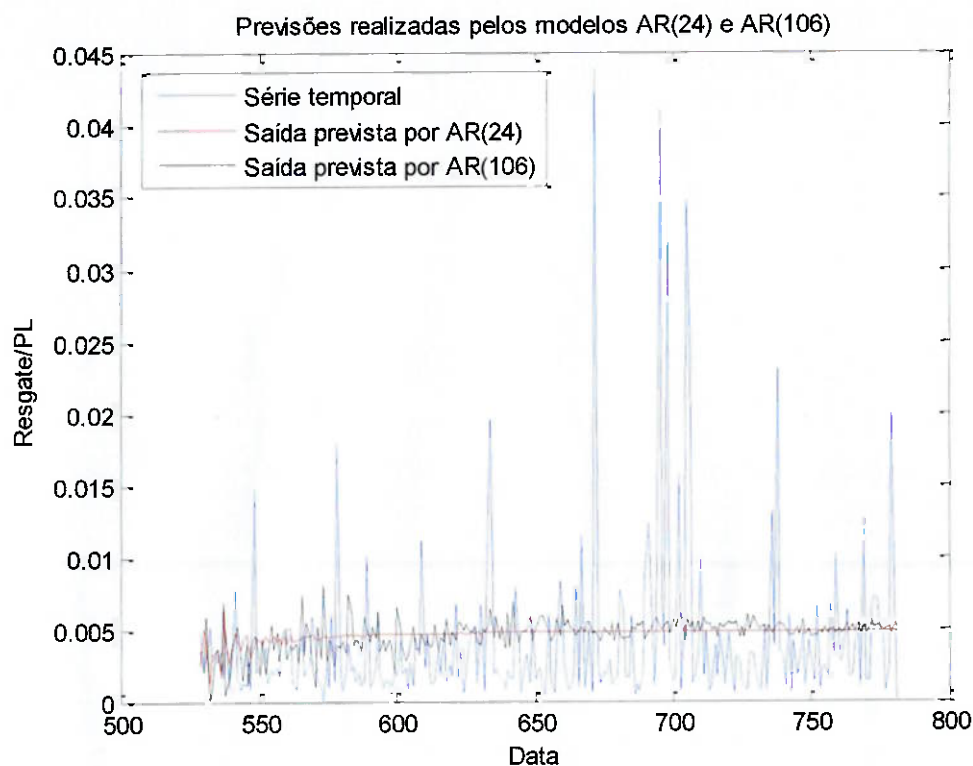


Figura 6: Previsões realizadas pelos modelos AR(24) e AR(106)

4.3.1.5. Modelos ARMA

Para determinar as ordens do modelo ARMA(p , q) foi implementado no Matlab um programa recursivo para calcular os valores das ordens que minimizar o AIC e o FPE.

Para o modelo ARMA(p , q) foram feitas simulações para as ordens p e q variando de 1 até 20, sendo selecionados os modelos ARMA(4, 18) que minimiza o critério AIC e ARMA(8, 18) que minimiza o critério FPE.

MODELO ARMA(4, 18)

Discrete-time IDPOLY model: $A(q)y(t) = C(q)e(t)$

$$A(q) = 1 + 0.08709 q^{-1} - 1.299 q^{-2} + 0.3225 q^{-3} + 0.7395 q^{-4}$$

$$C(q) = 1 + 0.0794 q^{-1} - 1.224 q^{-2} + 0.3959 q^{-3} + 0.7678 q^{-4} \\ - 0.03921 q^{-5} - 0.05304 q^{-6} + 0.1648 q^{-7} + 0.2098 q^{-8} \\ - 0.08694 q^{-9} - 0.2125 q^{-10} + 0.1975 q^{-11} + 0.3371 q^{-12} \\ - 0.1502 q^{-13} - 0.09785 q^{-14} + 0.3098 q^{-15} - 0.02301 q^{-16} \\ - 0.09967 q^{-17} + 0.1568 q^{-18}$$

Estimated using ARMAX from data set z

Loss function 2.72354e-005 and FPE 2.96178e-005

AIC = -10,4235176549191

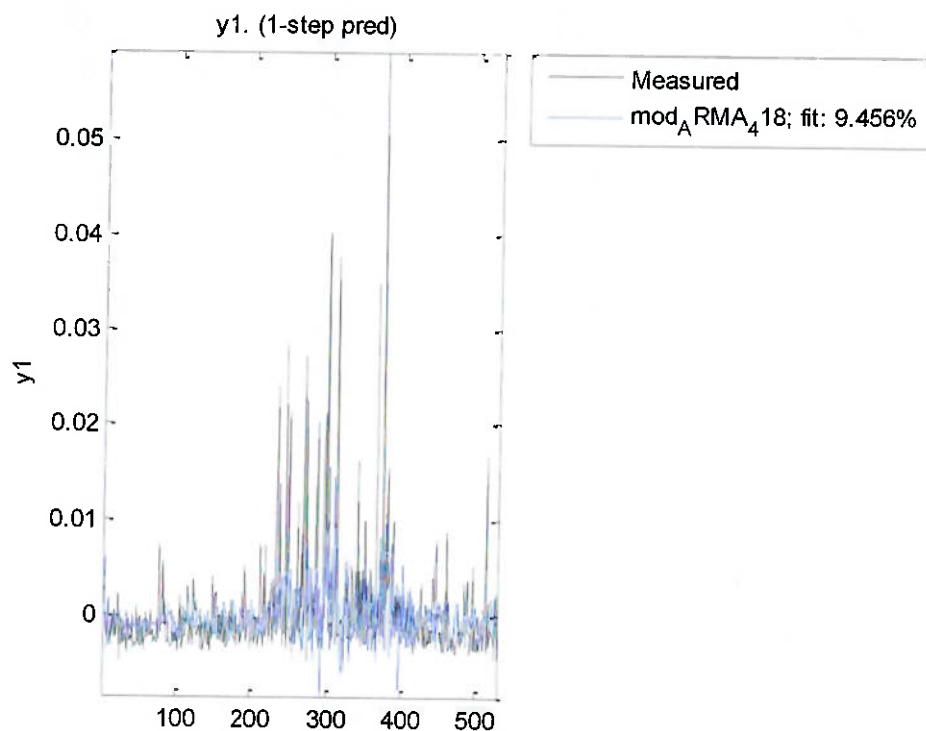


Figura 7: Modelo ARMA(4, 18)

MODELO ARMA(8, 18)

Discrete-time IDPOLY model: $A(q)y(t) = C(q)e(t)$

$$A(q) = 1 - 1.082 q^{-1} - 1.602 q^{-2} + 1.75 q^{-3} + 0.8658 q^{-4} \\ - 0.5179 q^{-5} - 0.6463 q^{-6} - 0.1786 q^{-7} + 0.4118 q^{-8}$$

$$C(q) = 1 - 1.092 q^{-1} - 1.546 q^{-2} + 1.763 q^{-3} + 0.8202 q^{-4} \\ - 0.638 q^{-5} - 0.6788 q^{-6} + 0.1239 q^{-7} + 0.4969 q^{-8} \\ - 0.3954 q^{-9} - 0.194 q^{-10} + 0.4773 q^{-11} + 0.2704 q^{-12} \\ - 0.5485 q^{-13} - 0.1433 q^{-14} + 0.4848 q^{-15} - 0.1255 q^{-16} \\ - 0.2434 q^{-17} + 0.169 q^{-18}$$

Estimated using ARMAX from data set z

Loss function 2.67884e-005 and **FPE 2.96025e-005**

AIC = -10,4224914776696

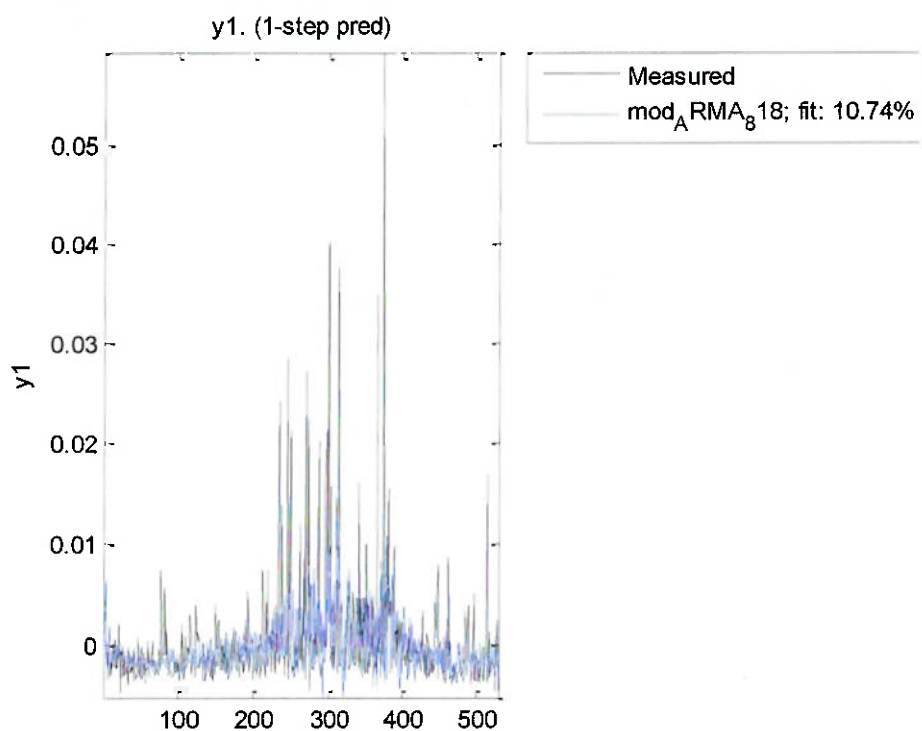


Figura 8: Modelo ARMA(8, 18)

Segue abaixo a comparação dos modelos ARMA(4, 18) e ARMA(8, 18) com os resgates realizados:

Vértices (DU)	Resgate Realizado	ARMA(4, 18)			ARMA(8, 18)		
		Previsão	Erro	Erro Absoluto	Previsão	Erro	Erro Absoluto
1	0,48%	0,11%	0,37%	0,37%	0,14%	0,34%	0,34%
5	1,77%	1,50%	0,28%	0,28%	1,13%	0,65%	0,65%
21	6,83%	8,06%	-1,23%	1,23%	5,82%	1,01%	1,01%
42	12,27%	16,76%	-4,49%	4,49%	12,74%	-0,47%	0,47%
63	17,67%	24,72%	-7,06%	7,06%	20,29%	-2,62%	2,62%
126	32,43%	44,30%	-11,87%	11,87%	44,30%	-11,87%	11,87%
252	64,66%	69,50%	-4,84%	4,84%	75,51%	-10,85%	10,85%
Média			-4,12%	4,30%		-3,40%	3,97%

Tabela 11: Comparação entre os modelos ARMA(4, 18) e ARMA(8, 18)

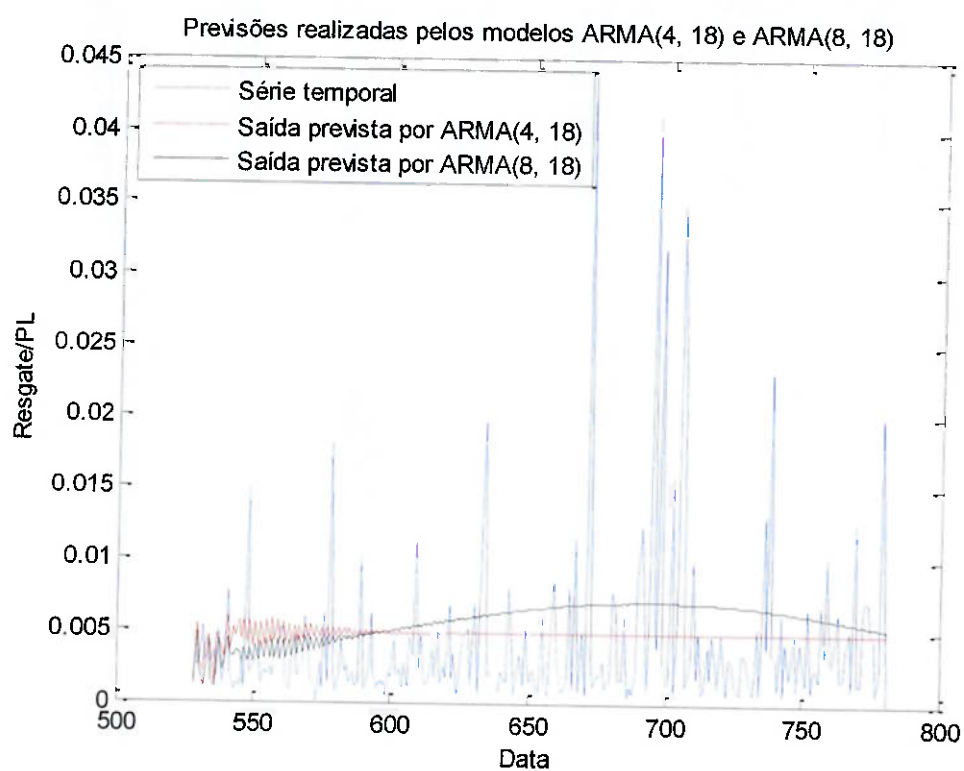


Figura 9: Previsões realizadas pelos modelos ARMA(4, 18) e ARMA(8, 18)

4.3.2. Análise dos resultados

Os modelos avaliados que apresentaram os maiores erros absolutos médios (EAM) entre as previsões e os resgates realizados nos vértices definidos foram os modelos de Regressão Linear com 8,21%, Média Móvel 252 com 7,13%, Média Total com 5,11%, ARMA(4, 18) com 4,30%, ARMA(8, 18) com 3,97% e AR(24) com 3,57%.

Já os modelos que mais se aproximaram dos dados reais com menores EAM e obtiveram os melhores resultados foram os modelos de Alisamento Exponencial (AE) com 1,86%, AR(106) com 2,72% e Alisamento Exponencial Modificado (AE Mod.) com 2,78%.

Embora tenha obtido o melhor resultado em termos de EAM, na geração do modelo de AE o erro médio em relação aos resgates passados foi positivo, que implica que as projeções foram menores que os valores reais em média. Tal fator impactou na comparação com os resgates realizados nos vértices em 2014, onde o erro médio também foi positivo. Outro fator importante a ser considerado é que no vértice 252 o erro em relação ao resgate realizado foi positivo e alto 6,47%. Diante destes fatores, foi criado o AE Mod. que gerou projeções com erro médio negativo e menor que a maioria dos outros modelos, com exceção do AR(106).

Comparando os resultados dos modelos AR(106) e AE Mod., observa-se que o modelo AR(106) tem três vértices com erros positivos, enquanto que o modelo AE Mod. tem apenas o primeiro vértice positivo. Considerando que para esse estudo de caso o melhor é obter projeções de resgates mais próximas dos valores reais e, de preferência, maiores que estes, o modelo escolhido foi o modelo de AE Mod.

4.4. Contraposição de Ativos e Passivos

A contraposição de ativos e passivos visa sincronizar o fluxo de liquidez dos ativos com os resgates projetados, procurando garantir que haja caixa disponível para pagamentos de resgates e, com isso, reduzir a volatilidade. Com isso, o gestor tem dois objetivos interdependentes: um de natureza estratégica (longo prazo), em que se define uma alocação ótima; e outro de natureza tática (curto prazo), em que se define um percentual que funcionará como margem de manobra para que se tenha alguma flexibilidade para ajustes na política do fundo.

Após as análises dos ativos que compõe a carteira e da composição e comportamento do passivo, é necessário verificar se os fluxos de caixa disponíveis são suficientes para pagamento dos resgates projetados, ambos em relação ao patrimônio líquido do fundo. Para demonstração, foram escolhidos os modelos que mais se aproximaram dos dados reais com menor EAM, são eles: AE, AR(106) e o AE Mod.

Vértices (Dias Úteis)	Fluxo de Caixa	Resgate Realizado	Previsão AE	Previsão AR(106)	Previsão AE Mod.
1	32,57%	0,48%	0,35%	0,35%	0,41%
5	33,48%	1,77%	1,72%	1,21%	2,05%
21	39,75%	6,83%	7,02%	6,37%	8,35%
42	46,39%	12,27%	13,55%	13,49%	16,00%
63	47,35%	17,67%	19,61%	21,30%	23,01%
126	53,85%	32,43%	35,36%	41,31%	40,73%
252	79,11%	64,66%	58,19%	68,84%	64,87%

Tabela 12: Contraposição de Ativos e Passivos

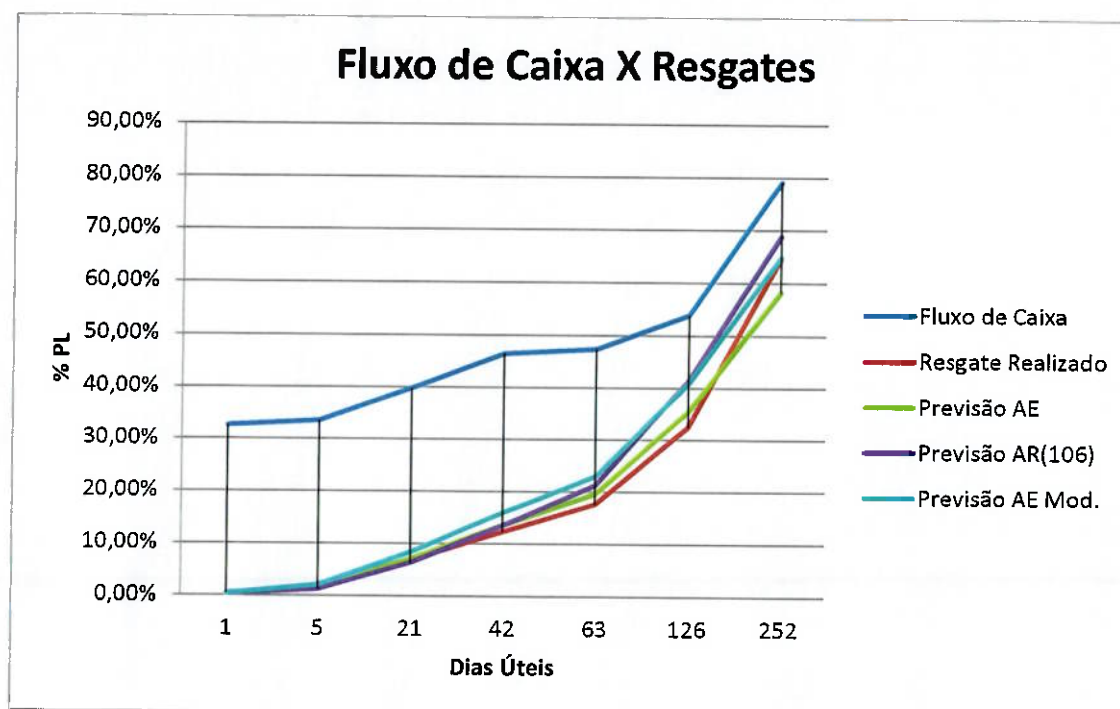


Figura 10: Fluxo de Caixa x Resgates

Na Tabela 12, observa-se que o fluxo de caixa em 1 dia útil seria suficiente para pagamento dos resgates realizados em até 126 dias úteis. Isto demonstra a estratégia do gestor de manter alguma margem de manobra em caso de um alto volume de resgates sucessivos. Nas projeções de resgates, observa-se que o fluxo de caixa de 21 dias úteis se aproxima dos resgates projetados em 126 dias úteis.

De acordo com os resultados, em 252 dias úteis, 79,11% da carteira do fundo teria liquidez imediata e poderia ser resgatada. Este percentual seria suficiente para pagamento dos resgates de todas as projeções efetuadas anteriormente, inclusive as que obtiveram um EAM maior.

Pelos motivos mencionados acima e pela Figura 10, observa-se que a estrutura de liquidez dos ativos do fundo seria adequada para atender aos resgates projetados nos vértices avaliados caso se mantenham as condições dos resgates realizados no passado.

5. CONCLUSÃO

O presente trabalho consistiu de um estudo de caso para a modelagem de gerenciamento de liquidez em fundos de crédito privado. Com base na Metodologia definida pela ANBIMA (2014), foi efetuada a análise da liquidez dos ativos que compõem a carteira do fundo para geração dos fluxos de caixa. Alguns pontos de atenção para esta metodologia é que ela efetua um ajuste no prazo dos ativos, considerando que os ativos possam ser liquidados antes da data de vencimento. Analisando os dados ANBIMA (2015), observa-se que alguns ativos mencionados possuem pouca ou quase nenhuma liquidez no mercado secundário. Em fundos de investimento com valores expressivos de ativos em carteira, em caso de um alto volume de resgates, pode não ser possível encontrar compradores suficientes para liquidar a posição. O ideal seria efetuar um acompanhamento do mercado secundário para definir a quantidade média que pode ser negociada diariamente.

Na análise da composição e comportamento do passivo, para a previsão dos resgates futuros foram utilizadas técnicas de análise de séries temporais baseadas nos dados passados. Com base nos resultados e análises apresentadas verificou-se que, tanto a utilização do método de previsão estocástico Modelo AR quanto o processo de previsão determinístico de Alisamento Exponencial, informaram estimativas mais próximas da realidade do que os outros modelos testados.

Com base nos resultados destas análises, foi possível efetuar a contraposição dos ativos e passivos e verificar se a estrutura de liquidez dos ativos que compõe a carteira do fundo é suficiente para atender aos resgates projetados caso as condições futuras sejam similares às condições do passado.

Para trabalhos futuros seria interessante a análise de outros modelos e cenários em conjunto com outras variáveis que possam influenciar o gerenciamento do risco de liquidez em fundos de investimentos de crédito privado.

REFERÊNCIAS

ANBIMA. Conselho de Regulação e Melhores Práticas de Fundos de Investimento. **Deliberação nº 56 Diretrizes de Gerenciamento de Risco de Liquidez**. São Paulo, ago. 2014.

ANBIMA. **Metodologia de Cálculo de Liquidez para Fundos com Investimentos em Ativos de Crédito Privado**. São Paulo, ago. 2014.

ANBIMA. **Fundos de Investimento**. Rio de Janeiro, São Paulo: Boletim, jan. 2015.

ANBIMA. **Mercado de Renda Fixa**. Rio de Janeiro: Boletim, jan. 2015.

BCBS (Basel Committee on Banking Supervision). **Basel III: International framework for liquidity risk measurement, standards and monitoring**. BIS, 2010.

BOX, G. E. P.; JENKINS, G. M.; REINSEL, G. C. **Time Series Analysis: forecasting and control**. 3. ed. New Jersey: Prentice Hall, 1994.

BUDHRAJA, V.; FIGUEIREDO JR., R. **How risky are illiquid investments? The Journal of Portfolio Management**. New York: Winter, 2005.

COMISSÃO DE VALORES IMOBILIÁRIOS. **Instrução CVM Nº 409**, 18 ago. 2004.

COMISSÃO DE VALORES IMOBILIÁRIOS. **Instrução CVM Nº 522**, 08 mai. 2012.

ELSAYED, E. A.; BOUCHER, T. O. **Analysis and control of production systems**. 2. ed. New Jersey: Prentice Hall, 1994.

GARCIA, C. **Modelos de Previsão em Séries Temporais**. São Paulo: PECE POLI USP, 2013.

JORION, Philippe. **Value at risk**. 2. ed. São Paulo: Bolsa de Mercadorias & Futuros, 2003.

KRAJEWSKI, L. J.; RITZMAN, L. P. **Operations Management: Strategy and Analysis**. 5. ed. Addison-Wesley, 1999.

KRAJEWSKI, L. J.; RITZMAN, L.; MALHOTRA, M. **Administração da produção e operações**. 8. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

MAKRIDAKIS, S.; WHEELWRIGHT, S. C.; HYNDMAN, R. J. **Forecasting: Methods and Applications**. 3. ed. Nova York: Wiley, 1998.

MAKRIDAKIS, S.; WHEELWRIGHT, S. C.; MCGEE, V. E. **Forecasting: Methods and Applications**. 2. ed. Nova York: Wiley, 1983.

MORETTIN, P. A.; TOLOI, C. M. C. **Análise de Séries Temporais**. São Paulo: Blucher, 2006.

MORETTIN, P. A.; TOLOI, C. M. C. **Modelos para Previsão de Séries Temporais**. Rio de Janeiro: IMPA, 1981.

SHARPE, W.; ALEXANDER, G.; BAILEY, J. **Investments**. 6. ed. Prentice Hall, 1999.

STEVENSON, W. J. **Estatística Aplicada à Administração**. São Paulo: Editora Harbra, 1981.