

CLEBER TOZI HORIUTI

**MODELO PARA COMPOSIÇÃO DE CARTEIRAS DE AÇÕES
COM MAXIMIZAÇÃO DO POTENCIAL DE VALORIZAÇÃO
E RESTRIÇÃO DE VALOR EM RISCO**

**Trabalho de Formatura apresentado à
Escola Politécnica da Universidade de
São Paulo para obtenção do Diploma de
Engenheiro de Produção**

**São Paulo
2007**

1637608
M100
#2007W

DEDALUS - Acervo - EPRO



32100009860

ACOMPANHA CD

CLEBER TOZI HORIUTI

**MODELO PARA COMPOSIÇÃO DE CARTEIRAS DE AÇÕES
COM MAXIMIZAÇÃO DO POTENCIAL DE VALORIZAÇÃO
E RESTRIÇÃO DE VALOR EM RISCO**

**Trabalho de Formatura apresentado à
Escola Politécnica da Universidade de
São Paulo para obtenção do Diploma de
Engenheiro de Produção**

Orientadora:

Prof^a. Dr^a. Linda Lee Ho

*Hf-2007
H 789 m*

São Paulo

2007

FICHA CATALOGRÁFICA

Horiuti, Cleber Tozi

Modelo para composição de carteiras de ações com maximização do potencial de valorização e restrição de valor em risco / C.T. Horiuti. -- São Paulo, 2007.

p.

Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Produção.

1.Mercado financeiro 2.Administração de carteiras 3.Otimização matemática 4.Análise de risco I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Produção II.t.

À minha família,

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais e minha irmã, a quem devo todas as oportunidades que tive para poder viver este momento. Obrigado pelo esforço que nunca mediram, pelo apoio que nunca negaram, pelos sacrifícios que nunca dispensaram, pela educação que nunca esqueceram, pelos exemplos de postura, dignidade, integridade e honra que nunca me faltaram, pela família que construímos juntos. Amo vocês!

À minha “tia”, Dona Akiko Utsumi, a avó que nunca tive, mas que sempre esteve presente em sua figura. À senhora, dedico tudo o que consegui conquistar, pois são conquistas suas também. Desculpe-me pelos erros! Muito obrigado por tudo o que a senhora fez por mim!

À minha namorada, Paula Taira, pelo carinho verdadeiro, pela companhia ideal, pela compreensão incondicional, pela dedicação descomunal ao nosso amor. Tantas alegrias compartilhadas, tantas lágrimas choradas juntas, tantos anseios confessados. Que seja eterno enquanto dure, que dure para sempre!

À família que Deus me permitiu escolher, meus amigos, Camila Hattori, Diego Makiyama, Kelly Nagahachi, Larissa Sato, Natália Mochizuki, Ricardo Koga, Ricardo Yokota, Vanessa Hashimoto. Serei eternamente grato pela motivação nos momentos mais difíceis!

Aos meus colegas de faculdade, André Rezende, José Rodolfo Villaça, Lícia Figueiredo, Lilian Chuang, Marcos Kawakami, Patrícia Liao, Paulo Chi, Thiago Pinheiro, Vito Trisuzzi. Sem vocês nada teria sido igual, que nasça aqui uma amizade para a vida!

Aos meus colegas de trabalho na Tarpon Investimentos, Elton Takimoto, Ana Cristina de Oliveira, Bernardo Vega, William Uemura, Álvaro de Schocair. Obrigado por todo suporte necessário e pela confiança!

À minha orientadora, Prof^a. Dr^a. Linda Lee Ho, pela paciência e pela orientação.

RESUMO

Pretendeu-se, por meio deste trabalho, propor à Tarpon Investimentos um modelo de otimização quantitativo de carteiras com o intuito de auxiliar a tomada de decisão no processo de gestão de seus Fundos de Investimentos e das Carteiras Administradas. A formulação matemática do modelo apresentada neste trabalho baseou-se na metodologia clássica de otimização de *portfólio* de Markowitz, contudo, algumas alterações teóricas e complementações técnicas foram realizadas com o objetivo de se construir uma configuração mais alinhada com a política de investimento da empresa.

A fim de se testar a eficiência prática do modelo apresentado, simulou-se a carteira otimizada em condições operacionais reais e compararam-se os resultados obtidos com índices de comparação do mercado.

ABSTRACT

This work aims to propose a quantitative portfolio optimization model to Tarpon Investimentos seeking to help in the decision-taking procedures regarding to management of its Funds and Managed Accounts. The mathematical formulation developed in this paper was based on the classic Markowitz's portfolio selection methodology. However, some adjustments in the theory and technical amendments were made in order to build a model which best fit to Tarpon's investments policies.

In order to verify the practical efficiency of the presented model, a simulation of the optimized portfolio took place under real operational conditions and the obtained results were compared to some benchmarks.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1.1 - Evolução dos Recursos sob Gestão da Tarpon.....	24
Figura 1.2 - Unidades de Negócios da Tarpon.....	24
Figura 1.3 - Processo de Investimento da Tarpon	28
Figura 1.4 - Fundo Tarpon vs. Indicadores de Mercado.....	29
Figura 3.1 - Distorção dos Retornos Diários	49
Figura 3.2 - Retorno sobre uma Data Referencial.....	51
Figura 3.3 - Potencial de Ganho vs. Retorno Referencial	53
Figura 3.4 – Composição da Carteira Ótima Teórica	65
Figura 3.5 - Evolução do VaR do Portfólio Otimizado	66
Figura 3.6 - Comportamento das Restrições Adicionais	66
Figura 4.1 - Processo de Simulação	79
Figura 4.2 - Composição da Carteira Simulada	80
Figura 4.3 - Carteira Simulada vs. Benchmarks.....	82
Figura 4.4 - P-Fee Relativa por Aplicação.....	83

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Distorção dos Retornos Diários.....	50
Tabela 3.2 - Preço-Alvo Ajustado.....	54
Tabela 3.3 - Análise de Sensibilidade do EWMA	57
Tabela 4.1 - Movimentações Hipotéticas da Simulação.....	71

LISTA DE QUADROS

Quadro 3.1 - Fronteira Eficiente de Markowitz	46
Quadro 3.2 - Adaptação da Fronteira Eficiente	47
Quadro 3.3 - Modelo Tarpon	64
Quadro 4.1 - Condições Gerais do Produto Simulado	75
Quadro 4.2 - Condições Operacionais do Produto Simulado	77

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	23
1.1 A Empresa.....	23
1.2 A Área de Desenvolvimento do Trabalho	24
1.3 Política de Investimentos	25
1.4 Processo de Investimento em Bolsa.....	26
1.5 Objetivo do Trabalho	29
1.6 Estrutura do Trabalho	30
2 CONCEITOS DE MERCADO	35
2.1 Ações.....	35
2.2 Direitos e Proventos de uma Ação	35
2.3 Mercado de Ações.....	37
2.4 Corretoras e Bolsas de Valores.....	38
2.5 Fundos e Carteiras Administradas.....	38
2.6 Retorno e Risco	39
3 MODELO DE COMPOSIÇÃO DE CARTEIRAS.....	43
3.1 O <i>Portfólio</i> Considerado	43
3.2 Modelos para Determinação de Portfólio.....	44
3.2.1 Modelo Média-Variância de Markowitz	44
3.2.2 Adaptação do Modelo Média-Variância para a Tarpon	47
3.3 Modelo Proposto para Tarpon	48
3.3.1 A Função Objetivo.....	48
3.3.2 As Restrições de Risco	59
3.3.3 Restrições Adicionais e Condições de Contorno	63
3.3.4 Configuração Final do Modelo Tarpon	64

3.4 Resultados	64
4 SIMULAÇÃO DA CARTEIRA TEÓRICA	71
4.1 O Produto.....	71
4.2 Condições Operacionais e de Mercado	75
4.3 Simulação	77
4.4 Resultados	79
5 CONCLUSÃO	87
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	93
7 REFERÊNCIAS COMPLEMENTARES	94
ANEXO A – POTENCIAL DE GANHO	97
ANEXO B – ADEQUAÇÃO DO EWMA	99
ANEXO C – PROGRAMA DE OTIMIZAÇÃO E SIMULAÇÃO.....	105

INTRODUÇÃO

1 INTRODUÇÃO

O capítulo introdutório deste trabalho tem como finalidade, além de apresentar a empresa em que ele foi realizado, contextualizar a realização do mesmo dentro da filosofia de atuação da companhia em seus negócios, bem como definir a organização do conteúdo ao longo de seu desenvolvimento.

1.1 A Empresa

Fundada em Junho de 2002, a Tarpon Investimentos é uma empresa independente de administração de recursos, especializada e dedicada exclusivamente a investimentos em companhias com ações listadas na Bolsa de Valores (*Public Equity*) e a investimentos em companhias de capital fechado (*Private Equity*), todos eles conduzidos por meio de Fundos de Investimentos e Carteiras Administradas.

Como uma gestora de recursos alternativa, a missão da Tarpon é proporcionar, aos seus investidores, veículos diferenciados na alocação de seu patrimônio, utilizando uma rigorosa disciplina de investimentos focada na obtenção de retornos consistentes e acima do mercado a médio e longo prazos.

Atualmente, a empresa conduz suas atividades através de cinco Fundos de Investimento e quatro Carteiras Administradas, e os ativos sob gestão totalizavam aproximadamente R\$ 2,3 bilhões em Agosto de 2007. A Figura 1.1 ilustra a evolução do patrimônio líquido gerido pela Tarpon desde 2003.

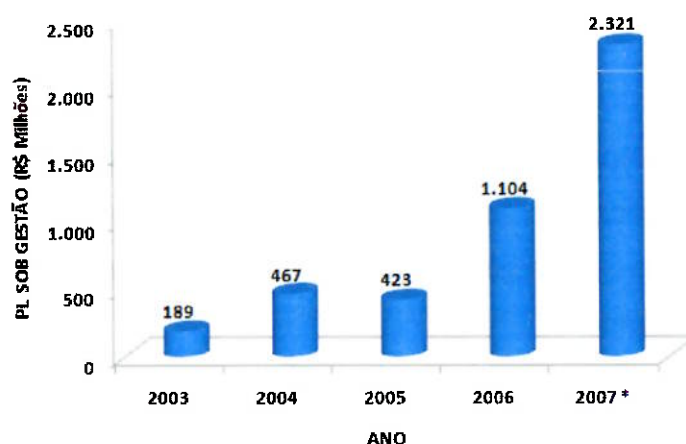


Figura 1.1 - Evolução dos Recursos sob Gestão da Tarpon

1.2 A Área de Desenvolvimento do Trabalho

Apesar da dimensão dos ativos sob gestão da Tarpon, que faz dela uma das maiores representantes das casas independentes de investimentos alternativos do Brasil, os negócios conduzidos pela empresa não são intensivos em pessoas, mas sim em conhecimento e relacionamentos. Neste sentido, em termos de recursos humanos, a empresa ainda consegue manter-se sustentada sob uma estrutura relativamente pequena, contando com uma equipe formada por 28 profissionais, distribuídos em uma estrutura organizacional quase horizontal, composta por, basicamente, quatro unidades de negócios em paralelo que se relacionam entre si diretamente: a Área de Gestão dos Fundos de Investimentos e Carteiras Administradas, a Área de Investimentos, a Área Comercial e a Área de Operações, conforme a Figura 1.2.

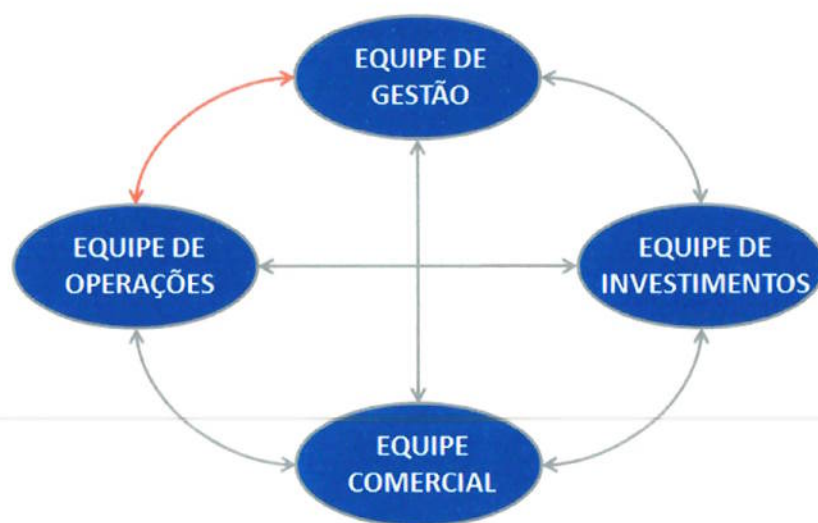


Figura 1.2 - Unidades de Negócios da Tarpon

Resumidamente, pode-se descrever as atribuições gerais das quatro unidades.

- Área de Gestão → a equipe de Gestão é responsável por definir todos os aspectos da realização dos investimentos, desde o montante de recursos destinado ao investimento até o ritmo e o custo de alocação;
- Área de Investimentos → a equipe de Investimentos é responsável por buscar, pesquisar, analisar, selecionar e monitorar as oportunidades de investimento tanto em *Public* quanto em *Private Equities*;
- Área Comercial → a equipe Comercial é responsável por manter e fortalecer a relação com clientes alinhados às alternativas de investimento disponibilizadas pela Tarpon, além de captar novos recursos para os Fundos e Carteiras e realizar todo o relacionamento com investidores da empresa, em se tratando de uma companhia de capital aberto;
- Área de Operações → a equipe de Operações é responsável por viabilizar operacionalmente, nos Fundos e Carteiras da Tarpon, os investimentos de acordo com as determinações da Área de Gestão, garantir a alocação eficiente das captações proporcionadas pela área Comercial, proporcionar controles internos eficazes e prover informações gerenciais às demais áreas.

Além destas unidades de negócios, a Tarpon ainda conta com uma Área Jurídica, responsável pela assessoria legal tanto em aspectos negociais quanto em aspectos administrativos da empresa, e com uma Área Administrativa, responsável por questões internas da Tarpon.

Em particular, este trabalho foi desenvolvido em meio à interface entre as áreas de Gestão e de Operações, relação destacada na Figura 1.2, unidades nas quais se realizou atividades de estágio supervisionado durante a Graduação em Engenharia de Produção.

1.3 Política de Investimentos

Considerando o fato de que o presente Trabalho de Formatura possui cunho prático relacionado à gestão dos investimentos da Tarpon, é importante entender qual o perfil de atuação da empresa na realização dos mesmos.

A estratégia de investimentos da Tarpon consiste em explorar o potencial de empresas promissoras em setores dinâmicos da economia brasileira, através da identificação daquelas com estratégias de negócios vencedoras, que maximizem a geração de valor aos acionistas.

Para aplicação de recursos em Bolsa de Valores, a filosofia de investimentos está calcada em 4 pilares:

- Foco no valor intrínseco de cada investimento → buscar atributos específicos de cada ativo, selecionando oportunidades de investimento a preços atrativos, os quais a empresa avalie ser inferior ao seu valor “justo”, independente do setor, mercado de atuação ou variáveis macroeconômicas;
- Perspectiva de longo prazo → maximizar o ganho potencial de cada investimento ao invés de obter ganhos no curto prazo, derivados de atividades de negociação (*trading*);
- Concentração de investimentos → selecionar poucos casos de investimento, que possibilitem a dedicação de tempo e alocação de recursos significativos na análise e no entendimento de seus negócios, o constante acompanhamento de seus resultados, bem como a participação ativa na governança das sociedades investidas visando à proteção do investimento;
- Investimentos contrários → procurar negócios subestimados por outros investidores e pouco evidentes no mercado

Os casos de investimentos *Private Equity*, por sua vez, demandam participação mais ativa na estratégia de negócios da companhia, seja na melhoria de gestão, no aprimoramento de técnicas operacionais ou ainda na configuração de sua estrutura de capital.

Embora a Tarpon proporcione a seus clientes ambas as modalidades de investimento, o foco deste trabalho será voltado às alocações em Bolsa.

1.4 Processo de Investimento em Bolsa

O processo de investimento em ações listadas na Bolsa de Valores de São Paulo (BOVESPA) é dividido em duas etapas, uma delas pré-aprovação e outra pós-aprovação.

A primeira etapa é composta de três fases principais: a análise de oportunidades, a elaboração da “tese de investimento” e a aprovação do investimento.

Fase 1 – Análise de Oportunidades

Na fase inicial do processo de investimento, em geral, elabora-se uma avaliação de cada oportunidade de investimento, caracterizada por uma completa abordagem fundamentalista focada na atribuição de um valor “justo” (valor intrínseco) para cada ativo.

Com base nesta valoração, faz-se um levantamento do preço real destes ativos e, daquela empresa cujo valor atribuído pela Tarpon for superior ao valor atribuído pelo mercado, uma análise econômico-financeira preliminar é conduzida.

Fase 2 – “Tese de Investimento”

A segunda fase do processo de investimento consiste na preparação de um documento analítico que a Tarpon denomina “tese de investimento”. Nesta fase, em geral, realiza-se uma investigação completa da sociedade analisada previamente, incluindo, entre outros estudos, o de seu mercado e setor, o levantamento de suas vantagens competitivas, a avaliação de sua atual administração e acionistas, uma revisão do seu desempenho histórico, o desenvolvimento de projeções detalhadas e, quando apropriada, uma verificação técnica da empresa e de seus ativos.

Fase 3 – Aprovação do Investimento

A fase final desta primeira etapa do processo refere-se à aprovação de fato do estudo de caso (*case*), em que a “tese de investimento” é apresentada aos membros do Comitê de Investimentos e debatida juntamente com diretores e analistas responsáveis por ela.

A etapa posterior só ocorre caso a proposta seja aprovada e também pode ser dividida em fases principais subseqüentes: a provisão de recursos para o investimento, a efetivação do investimento, o seu monitoramento e a estratégia de saída.

Fase 4 – Provisão de Recursos para o Investimento

Após a aprovação de um *case*, os recursos para a aquisição da participação no capital da companhia provém dos caixas disponíveis nos Fundos de Investimentos e Carteiras

Administradas. Em certos casos, pode-se gerar caixa para um novo investimento através da redução parcial ou liquidação total de uma das posições do *portfólio*.

Fase 6 – Monitoramento do Investimento

O processo de monitoramento começa imediatamente após o investimento ser realizado. Em termos gerais, a finalidade deste controle é garantir que a sociedade investida progrida de forma consistente e condizente com a estratégia e o prognóstico definidos. Normalmente, a equipe que monitora o investimento é a mesma que fez toda a investigação e análise.

Fase 7 – Estratégia de Desinvestimento

A implementação do desinvestimento é liderada pela mesma equipe de monitoramento. Geralmente, não se propõe um investimento sem determinar uma provável estratégia de saída. Até hoje, todos os desinvestimentos foram consumados por meio da venda das participações na própria bolsa de valores.

A Figura 1.3 ilustra, de forma mais visual a fim de facilitar sua compreensão, o processo de investimento adotado na Tarpon.

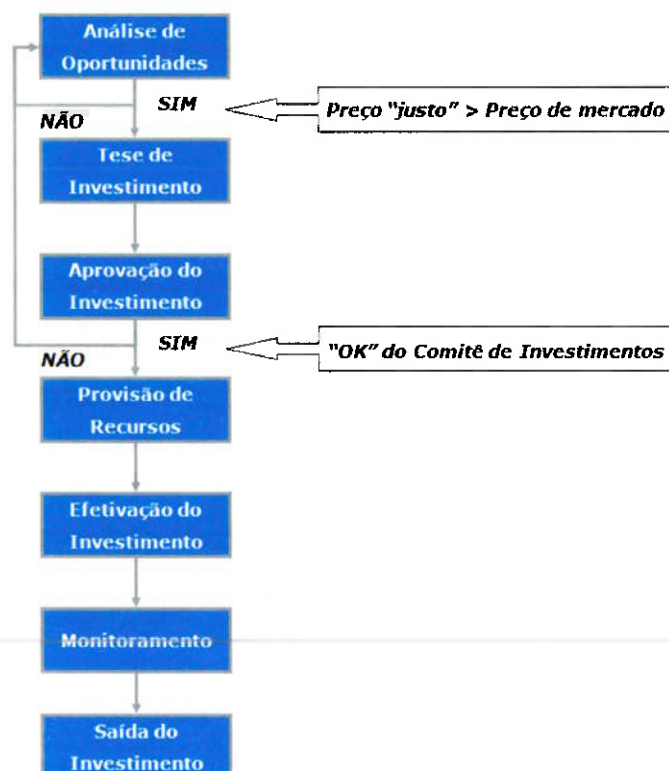


Figura 1.3 - Processo de Investimento da Tarpon

1.5 Objetivo do Trabalho

Como visto nos itens anteriores, a arbitragem de conhecimento é o diferencial central sobre a qual se sustenta a filosofia de investimentos da Tarpon, e toda sua estratégia deriva desta premissa. Isto é, acredita-se firmemente no valor atribuído a uma sociedade através de uma análise fundamentalista de seu negócio e na convergência do preço de sua ação ao seu valor “justo” no longo prazo, desde que as premissas e projeções elaboradas a respeito do investimento sejam sólidas.

Isto implica, geralmente, em comprar “problemas”, ao passo que uma empresa só é precificada aquém de seu valor real caso existam questões relacionadas a uma percepção negativa do mercado, seja ela causada por uma estrutura societária muito complexa, uma oportunidade de criação de valor difícil de ser concretizada, um histórico ruim de resultados. Porém, o entendimento aprofundado das causas destes problemas traz consigo também uma vantagem competitiva frente a outros investidores e uma oportunidade para antecipar ao mercado, além de limitar o potencial de perda, já que o preço tende a refletir estas complicações.

Neste sentido, o presente trabalho não pretende interferir no processo de análise de oportunidades e/ou seleção dos investimentos, dado que a abordagem estritamente fundamentalista focada em negócios subestimados e pouco evidentes é o elemento-chave da Tarpon e o que a diferencia do mercado. Os próprios históricos de crescimento da empresa e de rentabilidade de seus fundos, conforme mostra a Figura 1.4, comprovam que os retornos tendem a ser consistentes (acima da média do mercado) e dão credibilidade à prática adotada.

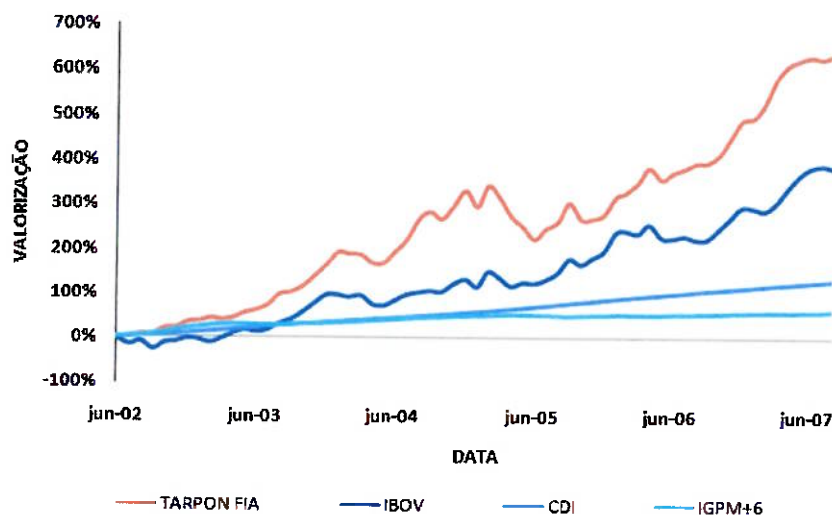


Figura 1.4 - Fundo Tarpon vs. Indicadores de Mercado

O conteúdo deste trabalho abrange a etapa posterior à seleção, à análise, à investigação e à aprovação de *cases*. Isto é, a etapa que compreende as fases de provisão de recursos, monitoramento e saída do investimento.

Atualmente, depois da aprovação de determinada proposta de investimento, quem define, por exemplo, quanto do patrimônio líquido dos Fundos e Carteiras deve ser direcionado a ele é o Comitê de Investimentos em conjunto com os gestores dos produtos. Esta decisão se baseia em parte pelo desempenho histórico do ativo e em parte pela perspectiva dos membros do Comitê e dos gestores em relação ao *case*. E isto se reflete também nos parâmetros de monitoramento e desinvestimento. Ou seja, todas as decisões a respeito de um investimento após sua aprovação seguem julgamentos qualitativos e aspectos subjetivos.

Sendo assim, o objetivo deste trabalho pode ser dividido em duas grandes partes:

- I. Criar um modelo dinâmico que defina por meio de avaliações quantitativas qual deve ser a participação de cada investimento aprovado no *portfólio* dos Fundos e Carteiras, a fim de maximizar sua rentabilidade (retornos), dadas restrições de riscos, levando-se em conta análises estatísticas dos dados disponíveis sobre o desempenho dos investimentos e utilizando-se de ferramentas de Pesquisa Operacional (P.O.).
- II. Simular a efetividade do modelo criado sujeito a condições operacionais reais de mercado e analisar o(s) resultado(s) obtido(s).

1.6 Estrutura do Trabalho

A fim de se atingir o objetivo desejado, o trabalho será organizado de forma a estabelecer uma linha estrutural que permita ao leitor compreender, do início ao fim, o raciocínio por trás de sua concepção.

Desta maneira, o Capítulo 2 apresentará conceitos básicos do mercado de ações e uma definição simplificada de riscos no mercado financeiro.

O Capítulo 3 envolverá a primeira parte do trabalho, conforme descrito na Seção 1.5, e descreverá o modelo de determinação de *portfólio* desenvolvido, detalhando inclusive as premissas assumidas em sua formulação e resumindo os métodos estatísticos e de P.O. empregados quando cabível, além de apresentar o resultado da otimização.

A seguir, o Capítulo 4 discorrerá sobre a simulação do modelo desenvolvido em situação de mercado, considerando as devidas aproximações, e seu comportamento nestas condições.

Por fim, o Capítulo 5 será dedicado ao encerramento do trabalho, resumindo todas as conclusões auferidas dos resultados e as constatações a respeito do processo apresentado ao longo deste documento. Sugestões de melhorias e de trabalhos futuros também serão aqui destacados.

CONCEITOS DE MERCADO

2 CONCEITOS DE MERCADO

Neste capítulo serão apresentados alguns conceitos básicos do Mercado Financeiro que serão empregados ao longo do trabalho. Como o escopo do trabalho concentra-se no Mercado de Ações, o intuito desta seção é apresentar uma síntese inicial sobre este mercado, Bolsa de Valores, Fundos de Investimento em Ações e Carteiras Administradas e Riscos.

2.1 Ações

As ações podem ser definidas como títulos emitidos por sociedades anônimas e equivalem a contratos financeiros representativos de uma fração do capital social de uma empresa. No caso, tratar-se-á daquelas ações cujas companhias são ditas abertas, por terem seus títulos negociados em mercados organizados.

As ações de uma companhia podem ser de dois tipos: ordinárias e preferenciais. Basicamente, elas se diferem quanto à distribuição do lucro da empresa, distribuição dos ativos da empresa em caso de falência e do direito a voto.

A ação ordinária (ON) garante poder de voto nas assembléias deliberativas da sociedade, permitindo, dentre outros direitos, eleger diretores, aprovar demonstrações financeiras, modificar estatutos sociais, etc. Já a ação preferencial (PN) não concede o direito de voto, mas assegura a preferência na distribuição de lucros (na forma de dividendos, fixo ou mínimo, ou de pagamentos periódicos definidos a critério da empresa) e/ou no reembolso do capital no caso de liquidação da empresa.

2.2 Direitos e Proventos de uma Ação

O investidor em ações é proprietário de uma parte da sociedade anônima, tornando-se acionista e participando de seus resultados. Neste sentido, proventos são rendas decorrentes da distribuição do lucro gerado pela empresa emissora e podem ser:

- Dividendos → correspondem à parcela de lucro líquido distribuída aos acionistas, na proporção da quantidade de ações detida, ao fim de cada exercício social e devem seguir algumas condições:
- A companhia deve distribuir, no mínimo, 25% de seu lucro líquido ajustado aos acionistas preferenciais;
 - As ações preferenciais recebem 10% a mais de dividendos do que as ordinárias, caso o estatuto social da companhia não estabeleça um dividendo mínimo ou fixo;
 - A companhia não será obrigada a distribuir dividendos se apresentar prejuízo ou estiver atravessando dificuldades financeiras. Porém, caso tal situação perdure por três anos consecutivos, suas ações preferenciais adquirirão direito de voto até que se restabeleça a distribuição de dividendos;
 - Dividendos não reduzem a base de cálculo do Imposto de Renda (IR) e da Contribuição Social Sobre Lucro Líquido (CSLL) da empresa emissora das ações;
 - Dividendos devem ser pagos em dinheiro e isentos da incidência de Imposto de Renda, dado que este rendimento já foi oferecido à tributação pela empresa emissora.
- Juros sobre Capital Próprio → correspondem à remuneração alternativa da empresa ao acionista, limitada ao valor da Taxa de Juros de Longo Prazo e seguem as seguintes condições:
- Juros sobre Capital são classificados como despesa para a empresa emissora e são dedutíveis da base de cálculo do IR e CSLL a pagar;
 - Juros s/ Capital é um rendimento pago ao acionista e tributado de 15% na fonte.
- Bonificação → advém do aumento de capital de uma sociedade mediante à incorporação de reservas e lucros, quando, neste caso, são distribuídas gratuitamente novas ações a seus acionistas, em número proporcional às já possuídas (excepcionalmente, além dos dividendos, uma empresa poderá conceder a seus acionistas uma participação adicional nos lucros por meio de uma bonificação em dinheiro);

- Subscrição → ocorre quando a empresa decide lançar novas ações no mercado e o acionista tem o direito de subscrever estas ações em quantidade proporcional à já possuída a preço e prazos determinados ou de vender o direito de subscrição.

2.3 Mercado de Ações

O mercado acionário pode ser dividido em duas etapas: o mercado primário e o mercado secundário.

O mercado primário consiste na colocação (lançamento) ou distribuição no mercado de ações para investimento ou revenda no mercado de capitais. A intermediação entre o mercado de capitais e a sociedade emissora é uma das práticas cuja operação é explicitamente autorizada aos bancos de investimento, que recebem uma comissão pelos serviços prestados proporcional ao volume do lançamento.

O mercado secundário, por sua vez, é aquele no qual as ações já emitidas são comercializadas em mercados organizados, como as Bolsas de Valores por exemplo. Neste caso, existem diversos tipos de operações, que podem ser resumidas da seguinte forma:

- Mercado à Vista → são operações de compra ou venda realizadas em pregão de determinada quantidade de determinada ação a determinado preço para liquidação física (entrega dos papéis) e financeira (pagamento/recebimento) após três dias úteis da data da operação (D+3).
- Mercado a Termo → são operações de compra e venda de determinada quantidade de ações, por um preço e dentro de um prazo de liquidação para uma data futura pré-fixados. Estas operações podem, porém, ser liquidadas em uma data anterior àquela originalmente fixada, a critério exclusivo da parte compradora.
- Mercado de Contratos Futuros → são contratos que compreendem operações de compra ou venda de lotes-padrão de ações, a um preço acordado entre as partes, com vencimento em uma data futura e com obrigatoriedade de ajuste financeiro diário com base no preço de ajuste do dia (estabelecido para cada papel) de acordo com a variação negativa ou positiva no valor das posições contratadas no mercado à vista.
- Mercado de Opções → são operações relativas às negociações dos direitos de compra (“Call”) e venda (“Put”) de uma determinada quantidade de ações, em data

fixada e por um preço determinado. O comprador de uma opção (titular da opção) tem sempre o direito de exercê-la e o vendedor de uma opção (lançador da opção) tem sempre a obrigação de cumpri-la no caso do seu exercício.

2.4 Corretoras e Bolsas de Valores

As Sociedades Corretoras (CCVM) são instituições típicas do mercado acionário, operam com compra, venda e distribuição de títulos e valores mobiliários por conta de terceiros. Elas fazem a intermediação dos investidores com as Bolsas de Valores e de Mercadorias. Sua constituição depende de autorização do Banco Central (BC) e o exercício de sua atividade depende de autorização da Comissão de Valores Mobiliários (CVM).

A Bolsa de Valores não é uma instituição financeira, mas uma associação civil sem fins lucrativos, constituídas pelas corretoras de valores para fornecer a infra-estrutura do mercado de ações. Embora autônomas, operam também sob supervisão da CVM, de quem são órgãos auxiliares, fiscalizando os respectivos membros e operações nelas realizadas.

Em síntese, a Bolsa é um local especialmente criado e mantido para negociação de valores mobiliários em mercado livre e aberto, organizado pelas corretoras e autoridades. Atualmente, o único centro de negociação de ações do Brasil é a Bolsa de Valores de São Paulo (BOVESPA).

2.5 Fundos e Carteiras Administradas

Um fundo de investimento é um condomínio que reúne recursos de um conjunto de investidores, destinado à aplicação em títulos e valores mobiliários, bem como em quaisquer outros ativos disponíveis no mercado financeiro e de capitais.

Atualmente, os fundos funcionam sobre a autorização da CVM, órgão responsável por sua regulação e fiscalização. A Instrução CVM Nº 409 dispõe sobre a constituição, a administração, o funcionamento e a divulgação de informações dos fundos de investimentos.

Tradicionalmente os fundos podem ser classificados como de renda fixa ou de renda variável. A partir daí, existe uma diversidade de tipos estruturados de acordo com algumas variáveis, determinadas pelo BC ou CVM, como, por exemplo, limites de composição de carteira. Os fundos de ações, por exemplo, são aqueles que devem possuir, no mínimo, 67% da carteira em ações admitidas à negociação no mercado à vista de Bolsa de Valores ou entidade do mercado de balcão organizado.

Para investidores com maior volume de recursos e que requeiram um serviço mais sofisticado e personalizado, existem as carteiras administradas. Neste caso, a composição das aplicações será discutida diretamente com o investidor, que participará do processo de definição de sua estrutura e seu perfil operacional.

2.6 Retorno e Risco

A conceituação de retorno é intuitiva: trata-se do resultado, seja ele positivo (ganho) ou negativo (perda) decorrente de uma determinada alteração, em sentido esperado ou não, no valor de determinado parâmetro em certo período de tempo em relação ao valor atual.

Já o conceito de risco não é tão trivial, mas uma definição simples de risco dada por Weston e Brigham (2000) é a que considera o risco como “uma possibilidade de que algum acontecimento desfavorável venha a ocorrer, um perigo”. Em termos mais formais, a palavra risco é utilizada como sinônimo de incerteza.

No mercado financeiro, os riscos se apresentam de diversas formas e comumente estão associados à idéia de perda. Dessa forma, os seus participantes estão sujeitos a diversos tipos de riscos, dentre eles:

- Risco de Crédito → associado a perdas potenciais em virtude da incapacidade ou da indisposição de uma contraparte cumprir com suas obrigações financeiras;
- Risco Operacional → associado a erros, intencionais ou acidentais, humanos e/ou técnicos, em procedimentos e controles, como por exemplo, em instruções de pagamento ou de liquidação das transações efetuadas;
- Risco de Liquidez → associado com o tempo estimado para gerar caixa a partir do investimento;

- Risco de Mercado → associado à incerteza dos ganhos resultantes de alteração nas condições do mercado, preço dos ativos, taxas de juros, volatilidade, inflação, taxas cambiais, fatores políticos, etc.

MODELO – COMPOSIÇÃO DE CARTEIRA

3 MODELO DE COMPOSIÇÃO DE CARTEIRAS

Neste capítulo, o processo de elaboração do modelo proposto para otimização na composição de carteiras será descrito por completo, desde a apresentação dos modelos que o inspiraram até a sua configuração final. O raciocínio teórico por trás de sua criação será explicado à medida que se fizer necessário e os resultados obtidos se encontrarão ao seu final.

3.1 O *Portfólio* Considerado

Antes de discorrer sobre o modelo de seleção de carteiras, é preciso definir qual o *portfólio* de ações que será considerado para o trabalho.

Como descrito no Capítulo 1, o objetivo do trabalho não abrange a interferência no processo de seleção dos ativos propícios a entrar no *portfólio* dos Fundos de Investimento e Carteiras Administradas da Tarpon. A empresa classifica estes ativos em três grandes grupos, com as seguintes denominações: Núcleo, Oportunidades e Radar. As sociedades do grupo Núcleo são aquelas já aprovadas pelo Comitê de Investimentos e que possuem maior confiança do time de gestão, seja por terem sido aprovadas há mais tempo, seja por estarem sustentadas em uma “tese” consistente. Já as companhias do grupo Oportunidades são aquelas recém-aprovadas pelo Comitê, com pouca destinação de recursos dos veículos de investimento por parte do time de gestão dos produtos, por estarem ainda em fase de “teste” e, como o próprio nome diz, e se tratarem oportunidades de se tornarem posições principais dos Fundos e Carteiras. Por último, o grupo Radar engloba todas as empresas que ainda estão em processo de análise.

Sendo assim, decidiu-se por selecionar um *portfólio* teórico composto por ações de nove companhias listadas na BOVESPA e que fazem parte do núcleo de investimento da Tarpon será tomada como base. Este número reduzido de papéis está em linha com o princípio de concentração de investimentos da empresa. Por questões de confidencialidade, denotaremos os nove ativos por ATIVO 1, ATIVO 2, ..., ATIVO 9.

3.2 Modelos para Determinação de Portfólio

O fator crítico na composição de carteiras está intrinsecamente relacionado à idéia de risco e retorno. Risco e retorno, em geral, possuem correlação positiva, o que significa que quando um aumenta, o outro aumenta também. Em outras palavras, quanto maior for o retorno, maior será o risco e vice-versa.

Porém, esta relação entre risco e retorno pode ser estruturada de forma que se consiga, através da diversificação, reduzir o risco de um *portfólio* de investimentos a níveis algumas vezes menores do que o risco do investimento mais seguro que participa desta carteira, dependendo das correlações entre seus componentes.

A rápida evolução do mercado financeiro implicou na busca pela resposta à importante questão de “como construir uma carteira eficiente de ativos”, que, por sua vez, motivou diversos trabalhos científicos que procuraram estabelecer métodos e padrões tanto para a precificação de ativos financeiros quanto para a mensuração do risco a eles associados.

Contudo, em sua essência, o problema consiste em determinar a melhor combinação de ativos possível que maximize ou minimize uma medida de desempenho, obedecendo a um conjunto de restrições pré-estabelecidas, e, desta forma, sua solução requer o uso de técnicas de P.O..

A Pesquisa Operacional é, conforme definido por Winston e Venkataraman (2003), “simplesmente uma abordagem científica a fim de facilitar a tomada de decisões no que diz respeito ao desenho e à operação de um sistema, normalmente sob condições que requerem alocação de recursos escassos” e, geralmente, implica no uso de um ou mais Modelos Matemáticos, que nada mais são do que representações algébricas de determinadas situações e/ou condições do sistema.

3.2.1 Modelo Média-Variância de Markowitz

O trabalho de Markowitz (1952) foi um dos pioneiros a abordar o tema da seleção de carteiras através de modelos de otimização matemática. *Portfolio Selection* tratou da questão sob o enfoque da minimização do risco e tornou-se um marco na história de Finanças.

Harry Max Markowitz assumiu que, como o valor futuro de um ativo é desconhecido e depende de inúmeros fatores, é possível afirmar que seu retorno pode ser encarado como uma variável aleatória, com uma determinada distribuição de probabilidade. Desta forma, o retorno pode ser analisado estatisticamente em termos de sua média e sua variância.

Para um conjunto de N ativos, podemos definir o retorno da carteira r_c como:

$$r_c = \sum_{i=1}^N w_i r_i \quad (3.1)$$

em que:

$r_i \equiv$ retorno do ativo i , $\forall i = 1, \dots, N$

$w_i \equiv$ percentual do ativo i no total da carteira, $\forall i = 1, \dots, N$

Definido desta forma, pode-se notar que r_c é combinação linear dos r_i 's e, por este motivo, é uma variável aleatória também. Logo, sua média $E(r_c)$ e seu desvio-padrão σ_c são dados, respectivamente, pela eq.(3.2) e pela eq.(3.3).

$$\mu_c = E(r_c) = \sum_{i=1}^N w_i E(r_i) = \sum_{i=1}^N w_i \mu_i \quad (3.2)$$

$$\sigma_c = \left(\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N w_i w_j \sigma_{ij} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (3.3)$$

em que:

$\mu_i \equiv$ média dos retornos do ativo i , $\forall i = 1, \dots, N$

$\sigma_{ij} \equiv$ variância do ativo i se $i = j$, covariância entre o ativo i e j se $i \neq j$, $\forall i, j = 1, \dots, N$

Portanto, Markowitz propôs que o retorno esperado μ_c de uma carteira é dado pela média ponderada dos retornos individuais μ_i dos ativos que a compõem e que sua variância depende da covariância σ_{ij} entre os pares de ativos, também ponderada pelo peso de cada um dos ativos do par na carteira.

Markowitz também definiu o desvio-padrão σ_c , também chamado de volatilidade da carteira, da variável aleatória r_c como uma medida de risco, já que quanto maior for o desvio-padrão do retorno, maior será a probabilidade (risco) de se obter valores acima ou abaixo do retorno médio.

O que o autor de *Portfolio Selection* mostrou em seu estudo foi que a “fronteira eficiente”, assim chamada por ele, pode ser encontrada resolvendo-se o modelo prescritivo de otimização apresentado no Quadro 3.1.

Quadro 3.1 - Fronteira Eficiente de Markowitz

Função Objetivo:

$$\min \sigma_c^2 = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N w_i w_j \sigma_{ij}$$

Sujeito a:

$$\sum_{i=1}^N w_i \mu_i = \mu_c$$

$$\sum_{i=1}^N w_i = 1$$

O fato de se minimizar a variância e não o desvio padrão da carteira é uma mera simplificação de modelagem a fim de facilitar a resolução do problema e que em nada altera o resultado, dado que ambas as grandezas são positivas.

O modelo Média-Variância, como também é conhecido o sistema de “fronteira eficiente”, nada mais é do que um problema típico de programação matemática não-linear, neste caso uma modelagem quadrática, com restrições lineares e que pode ser resolvido de forma satisfatória por algoritmos já desenvolvidos especificamente para

modelos nestas configurações, como, por exemplo, o Método de Wolfe, conforme apresentado por Winston e Venkataramanam (2003). Foi justamente neste sistema que se apóia o modelo de composição de carteiras proposto neste trabalho.

3.2.2 Adaptação do Modelo Média-Variância para a Tarpon

O modelo de Markowitz é utilizado por uma grande parte do mercado financeiro até os dias atuais. Contudo, para o caso da Tarpon, este modelo vai de encontro com a própria estratégia de investimentos adotada, de se “maximizar a geração de valor para o acionista”, já que uma de suas exigências é o de se pré-definir um valor desejado de retorno do investimento. Logo, ao se limitar o retorno, não se está explorando todo o potencial do investimento de originá-lo.

Neste contexto, faz muito mais sentido, para a estratégia de investimento apresentada no Capítulo 1, se maximizar o retorno μ_c desejado para o *portfólio* de ações, dada uma restrição de máximo risco σ_c , que se está disposto a correr. O novo sistema ficaria conforme apresentado no Quadro 3.2.

Quadro 3.2 - Adaptação da Fronteira Eficiente

Função Objetivo:

$$\max \mu_c = \sum_{i=1}^N w_i \mu_i$$

Sujeito a:

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N w_i w_j \sigma_{ij} = \sigma_c$$

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

3.3 Modelo Proposto para Tarpon

A partir da configuração apresentada na Seção 3.2.2, alguns ajustes conceituais e adaptações de metodologias foram elaborados, para que os parâmetros do sistema ficassem realmente alinhados com a política de investimentos da empresa e consistentes com seu perfil de atuação.

3.3.1 A Função Objetivo

A função objetivo na adaptação do modelo Média-Variância é maximizar o retorno esperado μ_c da carteira, que, por sua vez, é função do retorno médio μ_i de cada ativo que compõe a carteira e da proporção w_i de cada ativo no patrimônio líquido da Carteira.

No caso, w_i é a variável de decisão do problema, dado que se trata de um valor cuja variação pode ser controlada e está diretamente relacionada ao desempenho do sistema, sob a ótica da função que se deseja otimizar. Logo, μ_i representa o parâmetro de ponderação do problema e cabe, então, definir como este valor será obtido.

Retorno Diário

Usualmente, no mercado financeiro, o retorno esperado no tempo t de uma ação i é determinado com base nos seus retornos diários, dado pela eq. (3.4).

$$\mu_i^t = \frac{P_i^t + D_i^t - P_i^{t-1}}{P_i^{t-1}} \quad (3.4)$$

em que:

$P_i^t \equiv$ preço da ação i em t

$D_i^t \equiv$ proventos financeiros da ação i contabilizados em t

$P_i^{t-1} \equiv$ preço da ação i em $t-1$

Contudo, como apresentado no Capítulo 1, um dos alicerces da filosofia de investimento da Tarpon é a perspectiva de longo prazo de seus investimentos e não a expectativa com ganhos oriundos de oscilações no curto prazo. Em outras palavras, o investimento é realizado porque acredita-se que o ação está precificado pelo mercado

abaixo do que a Tarpon o avalia e, enquanto seu preço estiver neste patamar, vale a pena alocar recursos naquele ativo, já que há convicção de que o preço convergirá para o valor justo da companhia.

Para exemplificar a idéia de que o retorno diário não representa um bom fator de ponderação para um horizonte de longo prazo, considere o caso de duas ações hipotéticas A e B. A Figura 3.1 ilustra o comportamento distinto dos retornos diários dos dois papéis sem, de fato, terem alterado seu valor no início e ao final do período.

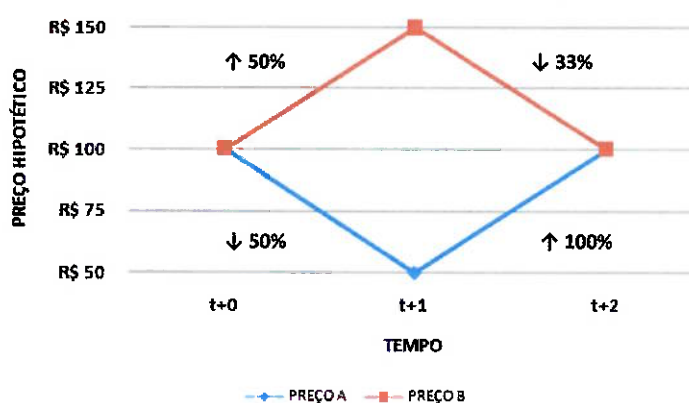


Figura 3.1 - Distorção dos Retornos Diários

Além desta distorção, dada a volatilidade do Mercado de Ações, é possível se deparar com uma situação em que a ação A apresenta retorno positivo e a ação B, negativo em determinado dia e, no dia seguinte, o sinal dos retornos estarem invertidos. Considerando-se isto no modelo de otimização, este fornecerá uma alocação tão volátil quanto o desempenho diários dos ativos e não se identificará, realmente, uma estratégia ótima para alocação dos recursos, sem contar que isto, na prática, demandaria um volume excessivo de negociações junto à Bolsa de Valores, gerando custos derivados destas atividades, implicando, além de tudo, em uma análise aprofundada de liquidez destes ativos no mercado. Utilizando o exemplo apresentado na Figura 3.1, a Tabela 3.1 mostra como os valores de saída dos w_i 's do modelo de otimização, seriam afetados pela volatilidade.

Tabela 3.1 – Distorção dos Retornos Diários

	μ_a	μ_b		w_a	w_b
t+0					
t+1	-50,00%	50,00%	→	0%	100%
t+2	100,00%	-33,33%	→	100%	0%

Por conta destas distorções, a possibilidade de usar o retorno diário como parâmetro de ponderação na função objetivo foi descartada para este trabalho.

Retorno Sobre Data Referencial

Pensou-se em corrigir estas distorções causadas pelo retorno diário e uma opção seria utilizar um parâmetro de longo prazo, aumentando, por exemplo, o prazo de um dia para o cálculo do retorno. Ou seja, substituir o preço do dia anterior por outra base de comparação, uma data de referência, e a eq.(3.4) poderia ser transformada na eq.(3.5).

$$\mu_i^t = \frac{P_i^t + D_i - P_i^R}{P_i^R} \quad (3.5)$$

em que:

$P_i^t \equiv$ preço da ação i em t

$D_i \equiv$ proventos financeiros da ação i no período entre t e R

$P_i^R \equiv$ preço da ação i na data de referência

A data de referência adotada poderia ser qualquer uma conveniente. No caso, pensou-se em assumir a data em que se passasse a considerar a possibilidade de se realizar o investimento nos papéis da companhia i e, desta maneira, desde que o valor da ação permanecesse acima deste piso (preço na data de referência), compensaria a compra do ativo, caso contrário, não.



Figura 3.2 - Retorno sobre uma Data Referencial

A Figura 3.2 ilustra o raciocínio com um exemplo hipotético, em que o preço de referência de duas ações, A e B, é adotado como R\$ 100,00. A partir de então, pouco importa a oscilação diária dos papéis, apenas quanto o seu valor está acima ou abaixo desta referência.

Desta forma, à medida que o horizonte de observação aumenta, esta alternativa tende a dar uma maior estabilidade ao modelo, considerando o fato de que a base referencial estaria fixa e que levaria em conta um desempenho de prazo cada vez maior e não movimentos de um único dia. O retorno em relação a uma data de referência, então, seria mais consistente com a política de investimentos da Tarpon.

Contudo, ao utilizar este valor como base para o parâmetro de ponderação, não se está considerando o potencial de ganho do investimento, já que à medida que o preço cresce, o potencial de ganho do investimento teoricamente vai diminuindo, imaginando-se um cenário em que o preço-alvo (preço “justo” atribuído pela análise do *case*) do investimento permaneça o mesmo. Além disso, a questão do custo também é ignorada pelo retorno em relação a uma data referencial, pois, quanto mais o preço aumenta em relação à referência, maior será o valor da variável de decisão fornecida pelo modelo de otimização. Isto faz pouco sentido prático, dado que apesar do retorno ser maior, quanto maior o preço, menor será a diferença o preço-alvo, conseqüentemente menor será o potencial de ganho e maior será o custo total da posição investida.

Portanto, apesar de corrigir a questão da instabilidade do retorno diário como parâmetro de ponderação, o retorno sobre uma data referencial também apresenta alguns problemas em ser utilizado como tal.

Potencial de Ganho

O valor-base para o parâmetro de ponderação da função objetivo deveria ser um valor análogo ao retorno em relação a uma data de referência em termos de estabilidade, alinhado com uma filosofia de investimento de longo prazo, porém, que incorporasse as idéias de que o preço do ativo tende a convergir com o valor justo e de que a melhor compra é feita no menor custo, em que a possibilidade de geração de valor é maior.

Chegou-se então a uma terceira alternativa: utilizar o preço “justo” atribuído pela Tarpon como referência e calcular o potencial de ganho de cada ação i , dado pela eq.(3.6)

$$\mu_i^t = \frac{P_i^A - P_i^t}{P_i^t} \quad (3.6)$$

em que:

$P_i^A \equiv$ preço-alvo da ação i em t

$P_i^t \equiv$ preço da ação i em t

$P_i^A > P_i^t$

O potencial de ganho, como parâmetro de ponderação, possui todos os atributos desejados de alinhamento com a perspectiva de longo prazo (estabilidade), dado que sua referência é um valor de longo prazo, e consistência com a missão de maximizar a geração de valor dos investimentos, dado que o retorno é maior quando o preço é menor (menor custo). A Figura 3.3 ilustra a diferença entre o potencial de ganho e o retorno referencial.

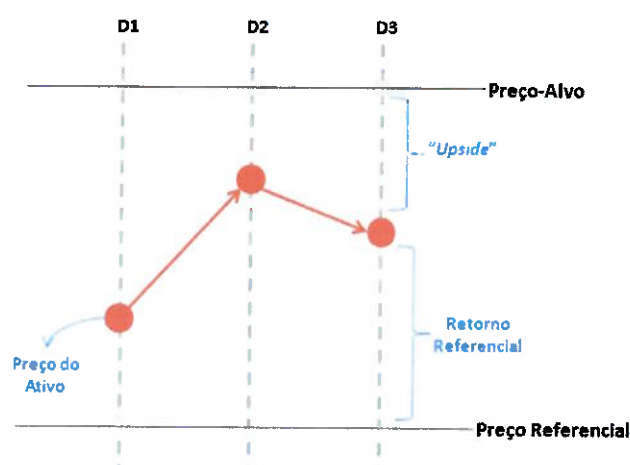


Figura 3.3 - Potencial de Ganho vs. Retorno Referencial

Contudo, o potencial de ganho depende de uma variável atribuída ao ativo: o preço “justo”, que, apesar de derivar de diversas análises quantitativas, em sua maior parte depende de aspectos qualitativos e subjetivos, como por exemplo, condições de mercado, projeções de crescimento, evolução das contas do balanço, possíveis aquisições ou fusões, etc. Além disso, o valor intrínseco do ativo é revisado constantemente pela equipe de monitoramento do investimento que avalia, dentre outros fatores, a adequação da “tese de investimento” e a capacidade da sociedade investida de produzir tudo aquilo que se espera da companhia para que ela atinja o resultado desejado.

Neste sentido, decidiu-se por utilizar o preço-alvo corrigido por um fator que representasse a percepção da equipe de monitoramento no que diz respeito aos quesitos citados acima, atualizando a eq.(3.6).

$$\mu_i^t = \frac{\gamma_i^t P_i^A - P_i^t}{P_i^t} \quad (3.7)$$

em que:

$\gamma_i^t \equiv$ constante de adequação do investimento i à sua tese em t ($0 < \gamma_i^t < 1$)

Para o caso do *portfólio* de ações considerado neste trabalho, optou-se por avaliar o fator de correção semestralmente, pois, na prática, este seria o tempo adequado para se fazer uma boa reavaliação dos investimentos e de sua evolução, além de se contar com

duas divulgações de resultados das companhias (as empresas públicas são obrigadas a divulgar seus resultados trimestralmente). Um levantamento com a equipe de analistas responsáveis pelo acompanhamento de cada uma das nove sociedades do *portfólio* teórico e chegou-se aos resultados apresentados na Tabela 3.2 que contém os preços-alvo e a constante γ redefinida para cada um dos nove ativos.

Tabela 3.2 - Preço-Alvo Ajustado

AÇÃO	PREÇO ALVO (R\$)	1º sem. 2006		2º sem. 2006		1º sem. 2007		2º sem. 2007	
		γ (%)	PREÇO AJUSTADO (R\$)	γ (%)	PREÇO AJUSTADO (R\$)	γ (%)	PREÇO AJUSTADO (R\$)	γ (%)	PREÇO AJUSTADO (R\$)
ATIVO 1	115	100	115	100	115	100	115	100	115
ATIVO 2	230	100	230	95	219	75	173	75	173
ATIVO 3	59	75	44	100	59	100	59	100	59
ATIVO 4	49	75	37	75	37	70	34	70	34
ATIVO 5	19	75	14	80	15	80	15	80	15
ATIVO 6	60	85	51	85	51	100	60	85	60
ATIVO 7	97	85	82	85	82	100	97	85	97
ATIVO 8	40	85	34	75	30	100	40	100	40
ATIVO 9	70	80	56	75	53	100	70	100	70

Da Tabela 3.2, tem-se que a adequação do ATIVO 1, por exemplo, foi avaliada pela equipe de monitoramento em sua escala máxima em todos os períodos. Isto se deve ao fato deste investimento ser o de maior prazo no *portfólio* da Tarpon, ou seja, a sociedade na qual se participa do capital há mais tempo e, por esta razão, é um *case* já bem estudado e compreendido. Adotou-se, então, em termos qualitativos, este nível de entendimento e credibilidade como referência para as demais avaliações.

Logo, nota-se que o ATIVO 2 teve, ao longo dos semestres, sua adequação sua adequação à tese reavaliada decrescentemente. Esta tendência foi verificada ao passo que a companhia evoluiu muito bem ao longo do ano de 2006 e atingiu um nível de maturidade avançado, fazendo com que a geração de valor na companhia a partir de então estivesse atrelada ao cumprimento de algumas premissas contidas na tese de investimentos de mais difícil alcance.

A situação encontrada para o ATIVO 3 foi totalmente inversa, isto é, as premissas contidas na tese de investimento eram agressivas, mas a companhia mostrou, ao longo dos trimestres, enorme capacidade de cumprir as metas de resultado.

A adequação do ATIVO 4, por sua vez, foi colocada no menor patamar de todos. Este nível foi atribuído dado que este é um *case* mais contrário ao mercado do *portfólio* considerado, ou seja, há uma descrença generalizada em relação a este investimento por parte de outros investidores. A Tarpon acredita que o investimento possui uma grande oportunidade de gerar valor aos seus acionistas caso ele caminhe como o previsto em sua “tese”, porém, com algumas questões políticas (trata-se de uma companhia com participação do governo) a serem vistas de forma mais profunda antes de conquistar total confiança do time de gestão dos Fundos e Carteiras.

Os ATIVOS 5, 6 e 7 dividem características em comum: são empresas cujo ramo de atividades e a alta administração agradam muito à equipe responsável por acompanhá-las, mas, estão sujeitas a uma conjuntura macroeconômica favorável para obterem bons resultados.

Por fim, os ATIVOS 8 e 9 dizem respeito a duas empresas diferentes de um mesmo grupo, que atuam no mesmo mercado em etapas diferentes do processo. No ano de 2006, a adequação à tese foi prejudicada em função de uma pendência societária nas empresas deste grupo que poderia causar prejuízos aos acionistas minoritários.

Conclui-se, portanto, que, dentre as alternativas analisadas, o potencial de ganho representa a melhor base de ponderação para o modelo de otimização, dado todas as suas características desejáveis.

Estimação do Potencial de Ganho Futuro

Na prática, o valor do potencial de ganho do dia é desconhecido e deve ser estimado. Desta forma, foi necessário estabelecer uma forma de estimação para este parâmetro.

Segundo Morettin e Tolo (2004), uma “Série Temporal é qualquer conjunto de observações ordenadas no tempo” e um dos enfoques básicos na análise de séries temporais é fazer previsões de valores futuros da série. Se considerarmos que o potencial de ganho é definido diariamente, uma série com os valores deste parâmetro se adéqua à definição de série temporal.

A maioria dos métodos de previsão de séries temporais baseia-se na idéia de que observações passadas contêm informações sobre o padrão de comportamento da série.

Em primeira instância, o modelo mais simples de previsão seria dado pelo modelo de Médias Móveis Simples.

Pelo modelo MA (*Moving Averages*), a previsão $\hat{\mu}_i^t$ do retorno (potencial de ganho) do ativo i em t é dada pela eq.(3.8).

$$\hat{\mu}_i^t = \frac{\mu_i^{t-1} + \mu_i^{t-2} + \dots + \mu_i^{t-n-1}}{n} = \hat{\mu}_i^{t-1} + \frac{\mu_i^{t-1} - \mu_i^{t-n}}{n} \quad (3.8)$$

em que:

$n \equiv$ quantidade de observações mais recentes consideradas (janela temporal)

Pela eq.(3.8), pode-se observar que, a cada período t , a observação mais antiga é substituída pela mais recente, calculando-se uma nova previsão que caminha de acordo com a janela temporal, daí o nome do modelo.

O modelo MA, apesar de ter simples aplicação, ignora a dinâmica temporal das observações, isto é, às informações mais recentes são atribuídos os mesmos pesos atribuídos às mais antigas da janela temporal. Logo, o modelo se torna aplicável somente quando se tem um número muito pequeno de observações. Haja vista esta limitação buscou-se outro modelo de estimação.

O modelo EWMA (*Exponentially Weighted Moving Average*) corrige a principal deficiência do modelo MA e, por esta razão, será o modelo de previsão de séries temporais adotado para este trabalho. De acordo com este modelo, a previsão $\hat{\mu}_i^t$ é dada pela eq.(3.9).

$$\hat{\mu}_i^t = \lambda \sum_{k=0}^{n-1} (1-\lambda)^k \mu_i^{t-1-k} = \lambda \mu_i^{t-1} + \lambda(1-\lambda) \mu_i^{t-2} + \lambda(1-\lambda)^2 \mu_i^{t-3} + \dots \quad (3.9)$$

em que:

$\lambda \equiv$ fator de decaimento exponencial (constante de suavização), $0 < \lambda < 1$

Pela eq.(3.9), percebe-se que além do parâmetro n , o modelo de previsão depende do parâmetro λ , que define a média ponderada dos valores passados, dando pesos maiores às observações mais recentes.

Logo, decidiu-se testar quatro valores de λ para estimação dos potenciais de ganhos das nove ações do *Portfólio* Teórico: $\lambda=0,95$; $\lambda=0,85$; $\lambda=0,75$; $\lambda=0,65$ e o primeiro passo foi fazer uma análise de sensibilidade do comportamento de $\lambda(1-\lambda)^k$, ou seja, dos pesos atribuídos às observações para os diferentes valores de λ , cujos resultados estão na Tabela 3.3

Tabela 3.3 - Análise de Sensibilidade do EWMA

OBSERVAÇÕES MAIS RECENTES	FATOR DE DECAIMENTO			
	95%	85%	75%	65%
1	95,00%	85,00%	75,00%	65,00%
2	4,75%	12,75%	18,75%	22,75%
3	0,24%	1,91%	4,69%	7,96%
4	0,01%	0,29%	1,17%	2,79%
5	0,00%	0,04%	0,29%	0,98%
6	0,00%	0,01%	0,07%	0,34%
7	0,00%	0,00%	0,02%	0,12%
8	0,00%	0,00%	0,00%	0,04%
9	0,00%	0,00%	0,00%	0,01%
10	0,00%	0,00%	0,00%	0,01%
11	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
12	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
13	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
14	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
15	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
16	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
17	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
18	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
19	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
20	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
21	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
22	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%

Pode-se observar, portanto, que: para $\lambda=0,95$, apenas as quatro observações mais recentes têm pesos maior do que 10^{-4} na composição do valor futuro previsto pelo modelo EWMA, sendo apenas as duas observações mais recentes as relativamente significantes; para $\lambda=0,85$, o número de observações mais recentes com participação maior do que 10^{-4} na previsão sobe para cinco, sendo as três últimas observações com pesos relativamente significantes; e assim por diante.

A partir desta análise, é razoável concluir que o tamanho da amostra n de observações mais recentes não é um fator determinante para o EWMA se $n > 10$ observações, por exemplo, já que o impacto a partir da 11ª observação na previsão do valor futuro seria

mínimo. Decidiu-se, então, trabalhar com $n = 21$ dias (quantidade de dias úteis em 1 mês), largamente utilizado pelo Mercado Financeiro.

Dada esta conclusão, cabe aqui uma ressalva quanto à utilização do método da suavização exponencial simples para o cálculo do valor futuro do potencial de ganho. Sabe-se que um fato conhecido a respeito das séries econômicas e financeiras é que, em geral, elas apresentam tendência e/ou sazonalidade. Entretanto, o fato de se estar estimando um valor futuro de um parâmetro de longo prazo para um intervalo pequeno de tempo (previsão de 1 dia, baseada em valores assumidos em até 10 dias anteriores) permite que o potencial de ganho seja considerado um valor estacionário e localmente constante no curto prazo, validando o uso da suavização exponencial.

A fim de estabelecer o valor de λ que proporcionasse o melhor estimador pelo modelo de suavização exponencial, calculou-se, para um intervalo de 21 meses (02/01/2006 até 01/10/2007), o valor da previsão diária do potencial de ganho pelo modelo EWMA para todos os ativos do *portfólio* teórico e verificou-se sua aderência com os valores reais, apresentados no ANEXO A – POTENCIAL DE GANHO deste trabalho. Para fazê-lo, utilizou-se o conceito do coeficiente de determinação R^2 , freqüentemente utilizado para se avaliar a adequação de modelos de regressão linear. O coeficiente de determinação é dado pela eq.(3.10).

$$R^2 = \frac{SQ_R}{SQ_T} = 1 - \frac{SQ_E}{SQ_T} \quad (3.10)$$

sendo:

$$SQ_T = SQ_E + SQ_R \quad (3.11)$$

$$SQ_E = \sum_{t=1}^n (\mu^t - \hat{\mu}^t)^2 \quad (3.12)$$

$$SQ_T = \sum_{t=1}^n (\mu^t - \bar{\mu})^2 \quad (3.13)$$

em que:

$\bar{\mu}$ = retorno (potencial de ganho) médio do período

A utilização do coeficiente R^2 é justificada pelo fato de que a eq.(3.9) pode ser simplificada para um modelo linear, conforme mostra a eq.(3.14).

$$\hat{\mu}_i^t = \lambda \mu_i^{t-1} + (1 - \lambda) \hat{\mu}_i^{t-1} \quad (3.14)$$

O software estatístico Minitab 15[®] foi utilizado para calcular o valor de R^2 para cada um dos nove ativos e cada um dos valores da constante de suavização considerados. Os resultados estão apresentados no ANEXO B – ADEQUAÇÃO DO EWMA deste trabalho e, a partir deles, é possível notar que os valores dos coeficientes de determinação são muito próximos entre si e indicam que o modelo EWMA é capaz de prever mais de 95% da variabilidade do valor real em todos os casos, independente do ativo em questão ou do valor de λ considerado.

Conseqüentemente, qualquer um dos quatro valores de λ analisados poderia ser utilizado com um nível de confiança satisfatório. Para este trabalho, optou-se por utilizar $\lambda=0,95$.

3.3.2 As Restrições de Risco

A restrição no problema da fronteira eficiente de Markowitz está relacionada ao risco. Porém, conforme apresentado no Capítulo 2, o risco no mercado financeiro apresenta-se sob diversas formas. Portanto, primeiramente, foi necessário definir qual(s) seria(m) o(s) tipo(s) de risco levado(s) em conta.

- Risco de Crédito → pode ser considerado nulo em negociações junto à BOVESPA, já que a Bolsa, por meio da Câmara Brasileira de Liquidação e Custódia (CBLC), sua subsidiária, representa a única contraparte central brasileira para o mercado de ações, atuando como agente de compensação e assumindo os riscos entre o fechamento do negócio e sua liquidação, tanto física quanto financeira;
- Risco Operacional → será descartado no presente trabalho, pois não existe histórico e nem registros dos tipos, da dimensão, da fonte e da periodicidade dos erros/acidentes operacionais;
- Risco de Liquidez → é um risco relevante, ainda mais no caso das ações das empresas nas quais a Tarpon aloca recursos, dado que são papéis pouco evidentes no mercado;
- Risco de Mercado → este é o risco considerado por Markowitz, associado à volatilidade dos preços no mercado.

Desta maneira, os riscos considerados para o presente trabalho foram os de liquidez e o de mercado.

Risco de Liquidez

O risco de liquidez, como apresentado na Seção 2.6, envolve o tempo de se conseguir liquidar um determinado investimento ou parte dele, e no caso de ações, depende basicamente de dois fatores: a quantidade negociada do papel e o tamanho da posição investida. O problema de se considerar uma restrição de liquidez, então, em um modelo de otimização genérico reside justamente no último fator citado, pois o volume negociado no mercado de determinado ativo é simples de se obter e calcular, porém, o tamanho da posição depende do patrimônio líquido investido e da participação do investimento, que varia de caso a caso.

Sendo assim, este risco foi minimizado escolhendo-se as ações preferenciais daquelas sociedades consideradas no *portfólio* teórico, pois no Brasil, as PN's costumam apresentar uma média de negociação muito superior à das ações ordinárias.

Risco de Mercado

A metodologia selecionada para estimar o risco de mercado foi a baseada na aproximação do *Value-at-Risk* (Valor em Risco), ou *VaR*, por duas simples razões:

- I. Desenvolvida e publicada em Outubro de 1994 pelo banco norte-americano J.P. Morgan, a metodologia do *VaR* já está bem difundida e assimilada pelo Mercado Financeiro;
- II. A metodologia do *VaR* é um *benchmark* (parâmetro que permite comparações) para medição do risco de mercado.

Jorion (2001) define formalmente o *VaR* como “a medida da pior expectativa de perda em um determinado horizonte de tempo sob condições normais de mercado a um dado grau de confiança”. Conceitualmente, o cálculo dessa medida pode ser definido como:

$$VaR = K \times V \times Vol \quad (3.15)$$

Em que:

$K \equiv$ constante de confiabilidade

$V \equiv$ valor da posição investida

Vol = volatilidade do investimento

Neste ponto, é importante destacar uma das principais premissas do modelo originalmente desenvolvido pelo banco J.P. Morgan em seu trabalho *RiskMetrics* (2004): os retornos de ativos financeiros são normalmente distribuídos. No entanto, esta premissa é uma mera aproximação, pois, segundo Morettin e Toloi (2004) a distribuição de retornos de ativos financeiros apresenta caudas mais pesadas do que uma distribuição Normal de probabilidade, ou seja, valores mais distantes da média têm densidade maior.

Atualmente, existem diversos modelos para cálculo do VaR que não assumem a normalidade dos retornos, tais quais o uso de aproximações por Séries Históricas através de simulações de Monte Carlo, o uso de Teoria de Valores Extremos, o uso de Volatilidades Estocásticas, dentre outros. Todos estes métodos possuem um grau de complexidade em seu emprego e demandam elevado esforço computacional para implementá-los. Além desta inconveniência, na prática, a diferença entre os métodos só será significativa quando se trabalha apenas em condições extremas de oscilação de mercado, o que não é o caso deste trabalho. Por este motivo, o cálculo de VaR paramétrico, que assume normalidade dos retornos de ativos financeiros, foi adotado.

A simplificação de considerar a normalidade dos retornos dos ativos reside no fato de que o retorno *do portfólio*, como combinação linear de variáveis aleatórias normais, pode também ser considerado uma variável normalmente distribuída e, desta forma, é possível traduzir o nível de confiança c , $0 < c < 1$, com a qual se deseja trabalhar em uma constante α da distribuição Normal padronizada. Este é o único conceito agregado pelo VaR à medida de risco de Markowitz, apresentada na Seção 3.2.1, e o valor em risco de um portfólio pode ser dado pela eq.(3.16).

$$VaR = \alpha \left([w_1 \quad \dots \quad w_N] \begin{bmatrix} \sigma_{11} & \dots & \sigma_{1N} \\ \dots & \dots & \dots \\ \sigma_{N1} & \dots & \sigma_{NN} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ \dots \\ w_N \end{bmatrix} \right)^{\frac{1}{2}} = \alpha \sqrt{w' \phi w} \quad (3.16)$$

Pela eq.(3.16), o cálculo do Valor em Risco de um conjunto de ativos é baseado em três valores: a constante da Normal padrão corresponde ao nível de confiança desejado, a proporção w_i de cada ativo i na carteira e da matriz ϕ de covariância entre os pares de

ativos que o compõe. Além disso, é preciso definir o horizonte de tempo em que expectativa de perda deve ser mensurada.

A começar pelo nível de confiança, utilizou-se $c = 0,99$ como de praxe no mercado financeiro, obtendo $\alpha = 2,575$. Já a participação de cada ativo i no investimento total é a própria variável de decisão do modelo de seleção de carteiras, logo, será definida através de otimização. O horizonte de tempo para a expectativa de perda, dado que a otimização será conduzida dia a dia, foi estabelecido como 1 dia, portanto, as variâncias e covariâncias entre os pares de ativos serão obtidas por estimadores com base nas séries de retornos diários dos ativos individuais, conforme as eq.(3.17) e eq.(3.18), e a matriz de covariância composta por estimadores foi denominada $\hat{\phi}$.

$$\hat{\sigma}_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^n (r_i^k - \bar{r}_i)(r_j^k - \bar{r}_j)}{n - 1} \quad (3.17)$$

sendo:

$$\bar{r}_i = \frac{\sum_{k=1}^n r_i^k}{n} \quad (3.18)$$

em que:

$r_i^k \equiv k$ -ésimo retorno diário do ativo i da amostra de n elementos

Para o cálculo dos estimadores, manteve-se $n = 21$ (amostra dos 21 últimos retornos diários) já definido para o método de suavização exponencial utilizado neste trabalho. Chegou-se a considerar a hipótese de utilizar outros valores de n também convencionados no mercado financeiro, como $n = 63$ (quantidade de dias úteis em 1 trimestre) e $n = 126$ (quantidade de dias úteis em 1 semestre). Porém, optou-se por adotar o menor deles, que representa o pior cenário de volatilidade, no caso dos ativos do *portfólio* teórico.

Para o cálculo dos retornos diários, por sua vez, não se manteve a eq.(3.4). Foi utilizado o cálculo geométrico do retorno diário, dado pela eq. (3.19).

$$r_i^t = \ln \left(\frac{P_i^t}{P_i^{t-1}} \right) \quad (3.19)$$

A utilização do retorno geométrico deve-se ao maior significado econômico deste cálculo, dado que, se o retorno geométrico for normal, a distribuição nunca levará a um preço negativo. Isto porque a cauda “esquerda” da distribuição tal que $\ln(P^t/P^{t-1}) \rightarrow -\infty$ é alcançada quando $(P^t/P^{t-1}) \rightarrow 0$ ou $P^t \rightarrow 0$. Já no caso do cálculo discreto, $(P^t - P^{t-1})/P^{t-1} \rightarrow -\infty$ é alcançado quando $(P^t/P^{t-1}) - 1 < -1$ ou $P_t < 0$. Logo, impor uma distribuição normal em retornos aritméticos pode causar comportamentos distorcidos e inconsistentes economicamente no preço dos ativos. Além disso, para valores x pequenos, $\ln(1+x) \approx x$. Por este motivo, para compor a matriz de covariâncias do cálculo do VaR, os retornos diários foram calculados geometricamente.

3.3.3 Restrições Adicionais e Condições de Contorno

Algumas restrições adicionais foram consideradas na elaboração do modelo de otimização para a Tarpon, meramente para tornar o modelo mais consistente.

A primeira delas diz respeito a um limite superior na alocação de recursos em um único ativo. Definiu-se como teto o valor de 25% do patrimônio. Esta restrição é, na realidade, apenas um artifício para tornar a otimização um pouco mais realista, em termos de concentração de investimento.

A segunda delas refere-se a um limite inferior na aplicação de recursos em cada uma das companhias do *portfólio* teórico. Estabeleceu-se como piso o valor de 5% do patrimônio. Esta restrição tem o intuito de evitar que alguma das nove ações consideradas para o trabalho não represente um investimento.

A terceira restrição limita a máxima posição investida permitida pelo modelo em 95% do patrimônio total. Deixou-se uma margem de segurança de 5% para recursos não-investidos.

E por último, a quarta restrição tem a finalidade de oferecer uma maior estabilidade do modelo, não permitindo que a alteração diária na exposição em um determinado ativo ultrapasse 2,5% do patrimônio em termos absolutos. Ou seja, as posições investidas em cada ativo só podem aumentar ou diminuir, no máximo, o equivalente a 2,5% do patrimônio total. Esta restrição também ajuda a minimizar o risco de liquidez, a medida que ela determina a velocidade com que a composição da carteira pode ser alterada.

3.3.4 Configuração Final do Modelo Tarpon

Após as alterações e ajustes apresentados na Seção 3.3, a configuração final do modelo de otimização de carteiras, consistente com a filosofia e estratégia de investimento da Tarpon, proposto neste trabalho pode ser encontrada no

Quadro 3.3 - Modelo Tarpon

<p><u>Função Objetivo:</u></p> $\max \mu_c = \sum_{i=1}^9 w_i \hat{\mu}_i$ <p><u>Sujeito a:</u></p> $\widehat{VaR}_c = \alpha \sqrt{w' \hat{\phi} w} \leq 5\%$ $5\% \leq w_i \leq 25\%, \forall i = 1, \dots, 9$ $\sum_{i=1}^9 w_i \leq 95\%$ $ABS(w_i^t - w_i^{t-1}) \leq 2,5\%, \forall i = 1, \dots, 9$

em que:

$\hat{\mu}_c$: estimado pela eq.(3.9), com $\lambda = 0,95$ e $n = 21$

w_i : participação do ativo i no total da carteira

\widehat{VaR}_c : dado pela eq.(3.16), com a matriz de covariância estimada pela eq. (3.17), $c=0,99$ ($\alpha=2,575$), $n=21$

w_i^T : participação do ativo i no total da carteira do tempo T

3.4 Resultados

O Modelo Tarpon é um exemplo típico de Programação Matemática Não-Linear. Neste caso em específico, a função objetivo e as restrições adicionais são lineares, mas a restrição de

risco não, e os algoritmos para a solução deste tipo de problema não são usuais. Para resolvê-lo, utilizou-se, então, o suplemento Solver do software Microsoft Office Excel 2007®, específico para problemas de Pesquisa Operacional. Maiores detalhes a respeito do programa de otimização criado em Microsoft Office Excel 2007®, fazendo uso das ferramentas de linguagem de programação Visual Basic, podem ser encontrados no ANEXO C – PROGRAMA DE OTIMIZAÇÃO E SIMULAÇÃO. Simulou-se a otimização diária do *portfólio* teórico através do modelo proposto para o período compreendido entre 03/01/2006 a 28/09/2007, cujos resultados estão apresentados na Figura 3.4.

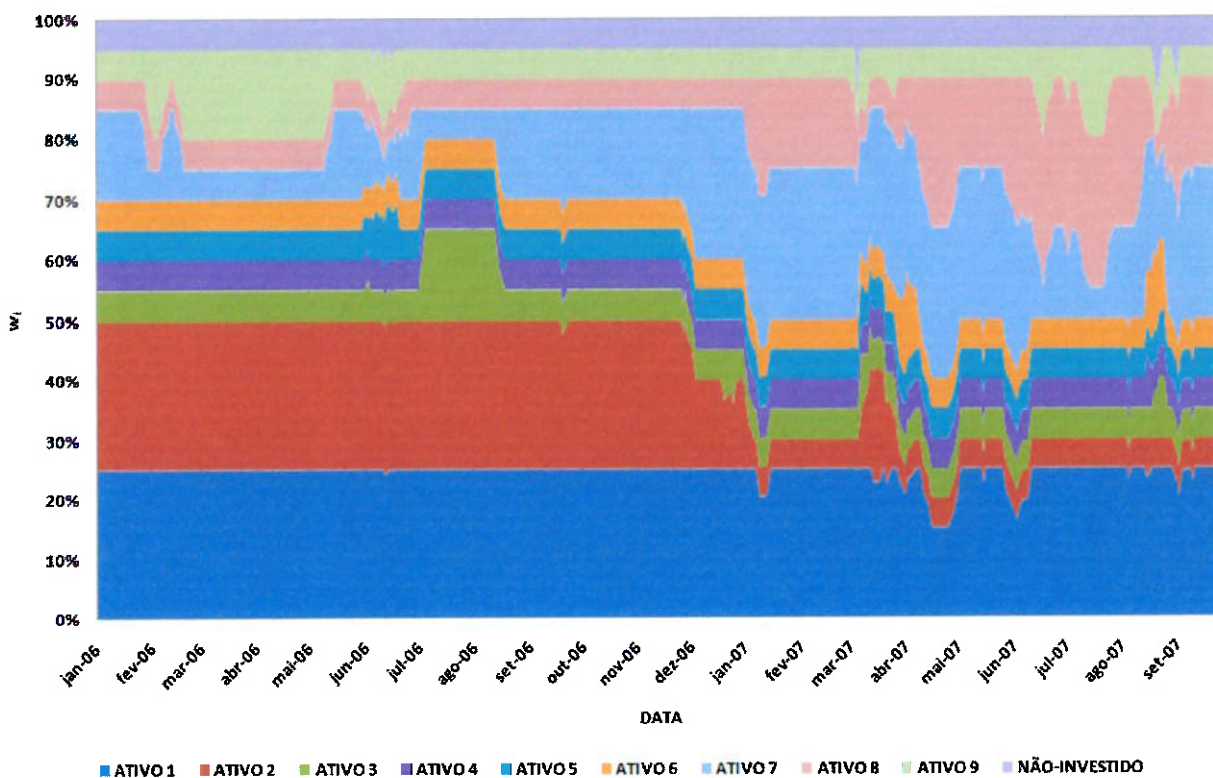


Figura 3.4 – Composição da Carteira Ótima Teórica

A fim de complementar a análise dos resultados obtidos, verificou-se também o comportamento dos valores assumidos pelo valor em risco estimado (\widehat{VaR}_c), pela porção total investida da carteira ($\sum w_i$), pela exposição mínima ($\text{Mín } w_i$) em um único ativo, pela exposição máxima ($\text{Max } w_i$) em um único ativo e pela maior variação diária ($\text{Max } \Delta w_i$) ilustrado na e na.

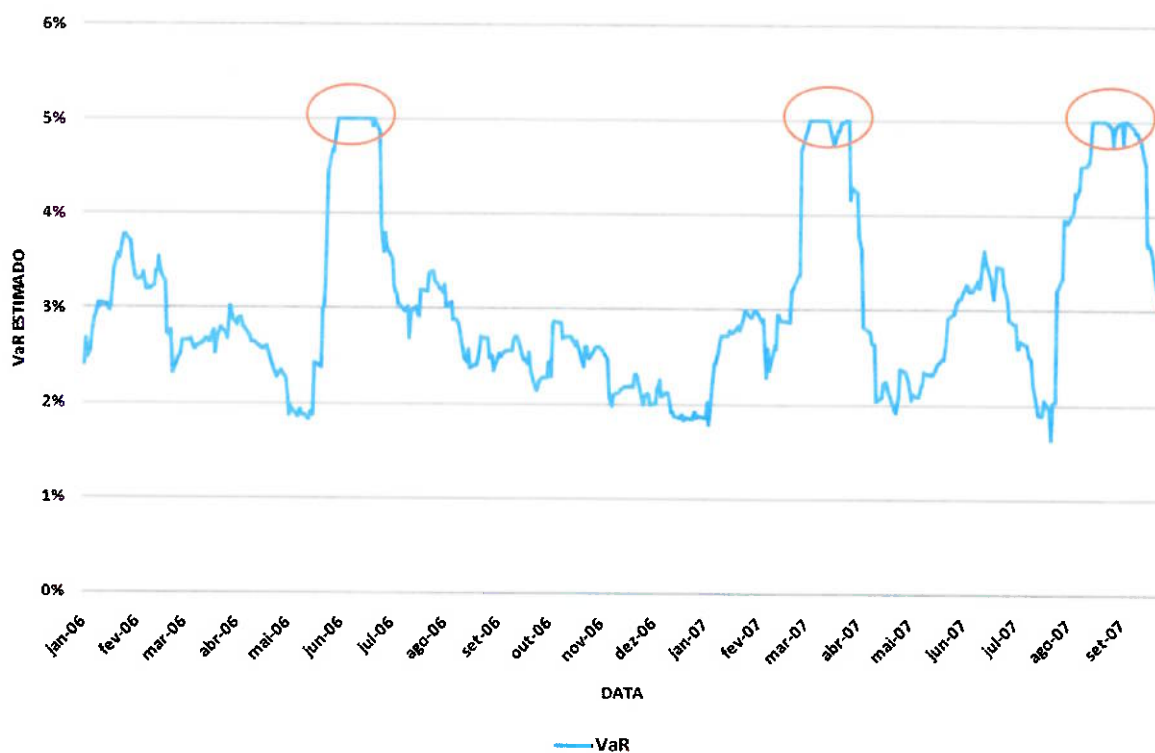


Figura 3.5 - Evolução do VaR do Portfólio Otimizado

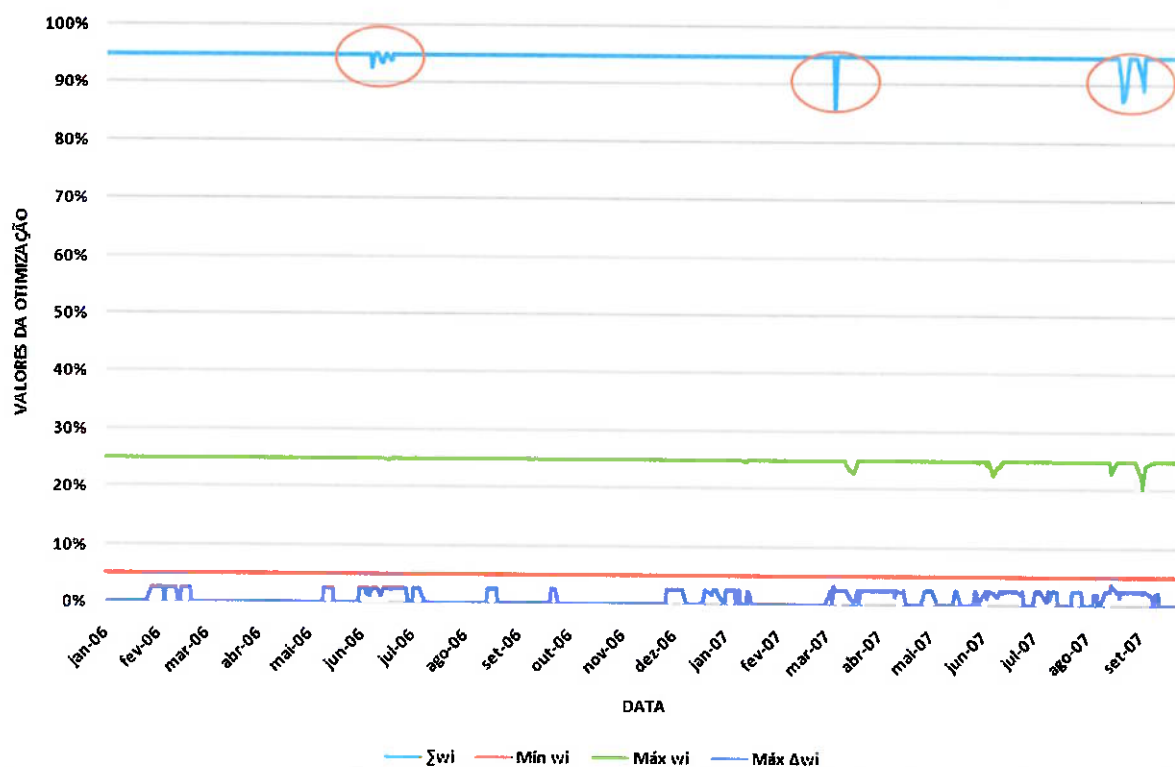


Figura 3.6 - Comportamento das Restrições Adicionais

Com base nas Figuras 3.4 a 3.6, é possível chegar a algumas conclusões interessantes:

- I. Pode-se notar na Figura 3.5 que o valor em risco estimado da Carteira Ótima manteve-se abaixo do limite máximo de 5% ao dia na maior parte do período de otimização, apresentando alguns picos de maior volatilidade, assinalados em vermelho. Na realidade, o teto imposto para o \widehat{VaR}_c só foi restritivo no mês de Junho de 2006 praticamente inteiro, no mês de Março de 2007 e entre meados de Agosto de 2007 e a primeira quinzena de Outubro de 2007. Ao se observar estes períodos, percebe-se que todos eles compreendem um período de aproximadamente 1 mês e, esta constatação está altamente relacionada ao fato de que os estimadores de variância e covariância da medida de risco foram calculados com base das 21 retornos diários mais recentes e, com isto, um *outlier* que indique maior volatilidade impacta a estimativa da medida de risco por 21 dias (1 mês).
- II. Nos períodos em que o fator de risco não se apresentou de fato como uma restrição à carteira ótima, constata-se na Figura 3.4 que a solução fornecida pela otimização foi a trivial: os dois papéis com maior potencial de ganho corresponderam a 25% do portfólio, o papel com o terceiro maior potencial de ganho respondeu por 15% da carteira e o restante dos papéis deveria ter 5% da carteira cada um. Proporções intermediárias a estes patamares ocorreram quando a ordem relativa entre os valores estimados para os potenciais de ganho dos ativos da carteira se alterou em relação ao período imediatamente anterior, ou seja, quando, por exemplo, o papel de terceiro maior potencial de ganho estimado passou a ser o de segundo maior e o papel de segundo maior potencial de ganho passou a ser o de terceiro.
- III. Ainda de acordo com a Figura 3.4, nos períodos em que o limite superior admitido para a medida de risco da carteira foi atingido, a composição da carteira ótima apresentou maior volatilidade. Isto se deve ao fato de cada ativo possuir diferentes contribuições marginais na composição do *Value-at-Risk*, e, desta forma, a medida que se atinge um limite superior, a otimização eleva a participação do ativo que menos contribui marginalmente ao incremento do VaR estimado em detrimento da participação de outro de possua uma contribuição maior à medida de risco do que ao potencial de ganho da carteira. Assim, soluções não triviais foram geradas nestes períodos.
- IV. Uma última análise sobre a Figura 3.4 mostra que o ATIVO 1 representou a alocação máxima da carteira (25%) praticamente do início ao fim do período de otimização, com exceção de alguns pequenos intervalos. O ATIVO 2, por sua vez, dividiu a condição de maior exposição da carteira com o ATIVO 1 ao longo do ano de 2006 e,

em 2007, esta posição foi ocupada ora pelo ATIVO 7, ora pelo ATIVO 8. Os ATIVOS 3, 4, 5, 6 E 9, mantiveram uma posição de manutenção, correspondendo a 5% da carteira ótima, e não chegaram a representar alguma das três posições de destaque do portfólio otimizado por intervalo relevante.

- V. Com base na Figura 3.6 verifica-se que a parcela investida da carteira otimizada teve de ser reduzida a um patamar inferior ao seu limite máximo admitido no modelo de otimização durante alguns intervalos, assinalados no gráfico. Estes intervalos correspondem justamente aos períodos em que a medida de risco atingiu seu limite superior.

Resumindo, em termos de estabilidade, o resultado obtido foi bem em linha com o esperado e o modelo mostrou-se altamente compatível com o perfil de atuação da Tarpon no mercado e consistente com a filosofia de investimentos da empresa. Além disso, apesar de apresentar algumas variações na composição ótima, foi possível identificar uma estratégia de longo prazo para uma carteira formada pelos ativos que compõem o portfólio teórico deste trabalho, liderada pelos ATIVOS 1, 2, 7 e 8.

Em termos de sensibilidade, verificou-se que se a solução trivial apresentada na conclusão II da análise dos resultados da otimização fosse mantida independentemente da restrição de risco, o Valor em Risco estimado da carteira teórica atingiria, no máximo, 5,69%, ou seja, para restrições da medida de risco superiores este valor, a composição ótima seria equivalente à solução trivial do problema, caso contrário, a proporção da carteira em cada ativo seria baseada na otimização da relação entre a contribuição marginal ao VaR estimado e a parcela agregada ao potencial de ganho da carteira.

Alterações nas demais restrições apenas alterariam as condições de contorno da otimização, alterando limites superiores e inferiores de exposições a um único ativo, da parcela investida da carteira e da velocidade admitida na alteração de posições da carteira.

SIMULAÇÃO DA CARTEIRA TEÓRICA

4 SIMULAÇÃO DA CARTEIRA TEÓRICA

Qual a eficácia na prática do modelo de composição de *portfólio* proposto no Capítulo 3? O Capítulo 4, que envolve a segunda etapa do trabalho, procura responder esta questão e consiste na simulação da carteira ótima teórica apresentada na Seção 3.4 em situação de mercado, dadas as devidas aproximações em relação à realidade. A simulação foi feita para o mesmo período de otimização, compreendido entre 03/01/2005 e 28/09/2007 e os resultados serão aqui apresentados e discutidos.

4.1 O Produto

O primeiro passo antes de realizar a simulação da carteira ótima teórica, foi determinar qual o veículo de investimento que seria por ela constituído. Este foi definido como sendo uma Carteira Administrada por se tratar de um produto um pouco mais flexível no que tange a sua configuração operacional. Além disso, assumiu-se que a Carteira Administrada em questão seria local, o que significa que o(s) suposto(s) cliente(s) dela seria(m) investidor(es) brasileiro(s), o que não obrigaria o produto a ter contas fora do país e permite que se desconsidere qualquer procedimento que envolva conversão entre moedas, desde variação cambial, até questões mais operacionais, como operações de câmbio com moedas estrangeiras a fim de se trazer dinheiro para dentro do país.

O segundo passo foi determinar como seria, hipoteticamente, o fluxo de entrada e saída de dinheiro deste produto. Apenas para questões de simulação, assumiu-se que o veículo receberia seis aportes de dinheiro durante o período de simulação, divididos de acordo com a Tabela 4.1. Quanto à saída de dinheiro, assumiu-se que não haveria resgates para este intervalo de tempo.

Tabela 4.1 - Movimentações Hipotéticas da Simulação

APORTE	VALOR (R\$ Milhões)	DATA DA MOVIMENTAÇÃO
1º	10	03/01/2007
2º	5	30/06/2006
3º	2,5	29/09/2006
4º	5	29/12/2006
5º	2,5	30/03/2007
6º	5	29/06/2007

Estas condições, apesar de parecerem irreais, são totalmente factíveis com a realidade de algumas Carteiras Administradas pela Tarpon. No caso das aplicações, costuma-se trabalhar, para este tipo de produto, com um montante de investimento pré-acordado, com envio de dinheiro em “parcelas” através de “*Capital Calls*” (chamadas de dinheiro). No caso da simulação, o montante pré-definido seria de R\$ 30.000.000,00 com envios programados conforme a Tabela 4.1. Quanto aos resgates, as Carteiras Administradas da Tarpon costumam possuir, em seu regulamento, cláusulas de “Lock-Up” (uma espécie de retenção) do dinheiro por um determinado período de tempo, o que torna o produto condizente com princípio de longo prazo dos investimentos, buscando investidores com este perfil.

Definido o fluxo de capital, o passo seguinte foi decidir qual o método de integralização deste capital no produto de simulação. Adotou-se o critério padrão dos Fundos de Investimentos locais da Tarpon, em que: a notificação do aporte deve ser recebido 1 dia útil antes (D-1) da data de conversão da aplicação em cotas do fundo; a conversão em cotas da movimentação é feita na data da sua liquidação financeira (D+0), ou seja do seu recebimento em caixa. A notificação em D-1 é justificada pela necessidade de se realizar o enquadramento das exposições do produto em cada ativo a fim de minimizar o efeito de diluição das posições investidas. A conversão em D+0 é feita para que nenhum aporte seja beneficiado ou prejudicado com a variação de preços de uma data para outra, em relação à data em que ele foi recebido em caixa do produto.

É importante ressaltar que a conversão das movimentações na Carteira Administrada é calculada com base no valor da cota líquida do veículo na data de conversão. Entende-se por cota líquida, o valor da cota do produto já descontados os valores apropriados de taxa de administração, taxa de desempenho e outras despesas. Ou seja, a quantidade de cotas das movimentações é definida pela eq.(4.1).

$$Q_C^k = \frac{V^k}{C_E^k} \quad (4.1)$$

em que:

Q_C^k = quantidade de cotas da movimentação k

V^k = valor financeiro da movimentação k

C_E^k = valor da cota líquida de conversão da movimentação k

Neste ponto, faz-se necessário descrever tidas as taxas incidentes do produto simulado. Para simplificarmos o problema, assumiremos que as únicas despesas do veículo serão as taxas de administração e de desempenho. Desconsiderou-se quaisquer outras taxas, tais como as despesas de custódia, de auditorias, de fiscalizações da CVM, etc., que são irrelevantes perto das duas citadas anteriormente.

A taxa de administração é uma remuneração direcionada ao gestor do veículo por seus serviços de administração dos recursos, e adotou-se, para o caso da simulação, a taxa praticada pelos Fundos de Investimentos da Tarpon: 2% a.a. sobre o patrimônio líquido, apropriados diariamente. Na prática, a Taxa ADM (como é conhecida) é cumulativa e sempre calculada com base no patrimônio líquido do dia anterior, adotando-se uma base anual de 252 dias úteis, conforme a eq.(4.2).

$$Tx. ADM_{d+0} = Tx. ADM_{d-1} + PL_{d-1} * \left((1 + 2\%)^{\frac{1}{252}} - 1 \right) \quad (4.2)$$

Já a taxa de desempenho é um prêmio cobrado pelo gestor do veículo caso a sua rentabilidade seja superior a algum *benchmark* pré-definido. No caso, adotaremos tanto a taxa quanto o *benchmark* utilizados pela Tarpon: 20% sobre todos os ganhos que excederem o Índice Geral de Preços do Mercado (IGP-M) acrescido de 6% a.a., cobrados por aporte de acordo com a eq.(4.3). Isto é, a P-Fee (como é conhecida) é calculada com base na rentabilidade por aplicação.

$$P. Fee = \sum_{k=1} C_E^k * (\Delta\%_F - \Delta\%_B) * Q_C^k * 20\% \quad (4.3)$$

sendo:

$$\Delta\%_B = (1 + \Delta\%_I) * [(1 + 6\%)^{\frac{1}{252}} - 1] \quad (4.4)$$

em que:

C_E^k = valor da cota de entrada da aplicação k

$\Delta\%_F$ = rentabilidade líquida de Taxa ADM do fundo no período

$\Delta\%_B$ = rentabilidade do *benchmark* no período

$\Delta\%_I$ = rentabilidade do IGP-M no período

Porém, a eq.(4.3) só é válida quando a rentabilidade líquida de taxa de administração do fundo no período for superior à rentabilidade do *benchmark*, caso contrário, a P-Fee é igual a 0. Esta condição deve-se ao fato de que a taxa de desempenho é um prêmio ao gestor do veículo ponderado pelo retorno por ele obtido, ou seja, o gestor não paga ao(s) cotista(s) caso o retorno seja inferior ao patamar de comparação.

Por fim, restou determinar o sistema de precificação dos ativos que compõem a carteira. Tratando-se de um *portfólio* simples, constituído apenas por investimentos em ações, a carteira simulada foi composta com as seguintes contas: Ações, Contas a Pagar, Contas a Receber, Taxa de ADM Apropriada, P-Fee Apropriada e uma conta Caixa.

A exceção da porção dos recursos alocados em ações, todas as contas referem-se ativos a precificados por valores diretos em moeda. As contas a Pagar e a Recebe, por exemplo, representam os créditos e débitos provisionados referentes às operações de compra e vendas de ações do produto simulado. As taxas apropriadas, conforme descrito anteriormente, consistem sempre de uma provisão negativa, como uma despesa do produto. O cômputo do valor financeiro não investido, por sua vez, é realizado na conta caixa.

Sendo assim, para efeito de precificação da parte investida em ações, determinou-se que seu valor fosse marcado a mercado diariamente com base no “preço de fechamento” dos ativos que compõem esta parcela da Carteira. Por “preço de fechamento” entende-se o preço do último negócio realizado em horário regular do pregão diário da Bolsa de Valores.

Desta forma, podemos resumir as condições do produto simulado no Quadro 4.1.

Quadro 4.1 - Condições Gerais do Produto Simulado

<u>Investimento:</u>	Montante pré-definido de R\$ 30.000.000,00, com aporte inicial de R\$ 10.000.000,00 em 30/12/2005 e demais aportes definidos em “ <i>Capital Calls</i> ”. “ <i>Lock-up</i> ” do investimento no período
<u>Conversão:</u>	Movimentações convertidas pela cota líquida da data da liquidação financeira.
<u>Taxa ADM:</u>	2% ao ano sobre o valor do patrimônio líquido, apropriada diariamente
<u>P-Fee:</u>	20% da rentabilidade que exceder o IGPM + 6% a.a., contabilizados por aporte
<u>Precificação:</u>	Preço de fechamento

4.2 Condições Operacionais e de Mercado

Após definir os aspectos gerais do veículo de investimento, foi preciso delimitar sob quais condições ele operaria na prática para efeitos de simulação.

O investimento realizado pela carteira simulada se restringe à aplicação em ações e mais nenhum outro tipo de títulos e valores mobiliários. As sociedades investidas são as mesmas nove apresentadas na Seção 3.1 deste trabalho e o investimento será feito por meio do Mercado à Vista de Ações, descrito na Seção 2.3 deste documento, ou seja, não se fez uso de nenhum outro mercado (a termo, futuro, opções, etc.) ou de outro instrumento de investimento, mesmo que derivado do ativo (derivativos, aluguel de papéis, etc.), que não o papel da Ação propriamente dito.

No Mercado à Vista, tanto a entrega dos papéis operados, quanto a liquidação financeira da operação, são feitas no terceiro dia útil após a data da compra ou da venda dos ativos (D+3), porém, a competência da operação deve ser registrada a partir da realização da operação. Após restringir o campo de atuação da carteira simulada, foi necessário estabelecer alguns parâmetros de negociação neste mercado.

O primeiro parâmetro a ser estabelecido foi o volume do mercado a que hipoteticamente se teria acesso. Neste sentido, adotou-se que a carteira simulada seria capaz de operar 20% do

volume financeiro médio negociado pelo mercado nos últimos 21 pregões. Ou seja, utilizou-se como base de volume movimentado na Bolsa de Valores a média das operações do último mês, o que é de praxe do Mercado Financeiro. O que poderia parecer irreal é a participação da carteira simulada em até um quinto das operações do mercado, porém, como já explicado anteriormente, as ações investidas pela Tarpon são normalmente de empresas pouco evidentes e, por este motivo, com liquidez reduzida, o que justifica esta proporção.

Em seguida, foi preciso estabelecer a qual base de preço que se conseguiria negociar os ativos durante os pregões diários. Para este parâmetro, utilizou-se o preço médio das negociações diárias, que é dada pela média dos preços (ponderada pela quantidade de cada operação) dos negócios realizados no dia. Esta medida pode ser considerada até conservadora, dado que, pela mesma razão da liquidez reduzida dos papéis investidos, o poder de barganha no mercado é da Tarpon para estas ações.

Outro aspecto diz respeito ao lote de negociação. Para os nove ativos considerados para esta simulação, o lote de negociação padrão na BOVESPA é de 100 ações por lote. Existe a possibilidade de se negociar lotes fracionários, com quantidades de ações inferiores a 100 ações, porém, o preço destes lotes tende a conter algumas correções em função de custos operacionais adicionais. Portanto, optou-se por se considerar apenas negociações com lotes padrão.

Finalmente, o último aspecto a ser considerado é o custo operacional das transações realizadas em Bolsa, além do desembolso financeiro das operações de compra e venda de ações. Este seria composto de duas parcelas: a corretagem (taxa livremente pactuada entre o cliente e a corretora) e os emolumentos (taxas devidas à BOVESPA e à CBLC quando da realização de negócios na Bolsa).

Para os valores de emolumentos, então, utilizou-se na simulação as taxas determinadas pela BOVESPA, de 0,019% sobre o movimento financeiro total (compras e vendas), e pela CBLC, de 0,006% sobre o mesmo montante. No caso da corretagem, o que se costuma utilizar é também um percentual incidente sobre o movimento financeiro total dependendo do montante. A partir de então, o que se negocia é um percentual de devolução, ou seja, um percentual devolvido pela corretora ao investidor do valor da taxa de corretagem. No caso da simulação, adotou-se uma taxa de corretagem de 0,5% com uma devolução de 85%,

normalmente oferecidas pelas corretoras. Desta forma, o cálculo de taxas operacionais pode ser dado pela eq.(4.5).

$$Tx.Operacional = MF * [0,5\% * (1 - 85\%) + 0,025\%]$$

em que:

MF = movimento financeiro total (compras + vendas)

Como no caso das condições gerais do produto simulado, as suposições operacionais do produto no mercado para a simulação também podem ser consolidadas, de forma sucinta, de acordo com o Quadro 4.2.

Quadro 4.2 - Condições Operacionais do Produto Simulado

<u>Quantidade Máxima Operada:</u> 20% da média movimentada nos últimos 21 pregões	
<u>Preço de Negociação:</u>	Preço médio do dia
<u>Lote de Negociação:</u>	Lote padrão de 100 ações
<u>Emolumentos de Bolsa:</u>	0,025% sobre o movimento financeiro total
<u>Corretagem:</u>	0,5% sobre o movimento financeiro total
<u>Devolução de Corretagem:</u>	85% sobre o valor da corretagem integral

4.3 Simulação

Estabelecido o produto e apresentadas as premissas a respeito das condições de operação e de negociação de mercado para a simulação, podemos descrever esta etapa como um processo cíclico dividido em uma série de passos que se reiniciam a cada dia simulado, que podem ser colocados da seguinte forma:

- **Passo 1** → consiste em registrar a exposição de cada papel na carteira ótima teórica para aquela data e verificar as respectivas exposições na carteira simulada.
- **Passo 2** → por meio da diferença entre as exposições vistas no Passo 1, faz-se o cálculo de necessidade (volume financeiro a ser operado, seja de compra ou de

venda) de cada papel para que a carteira simulada possua a mesma exposição da carteira ótima. Foram desconsideradas as diferenças menores do que 5×10^{-3} , tanto para mais quanto para menos.

- Passo 3 → o volume financeiro calculado no Passo 2 para cada papel é transformado em quantidade por meio de sua divisão pelo seu respectivo preço médio do dia. Caso a quantidade obtida seja superior ao limite de 20% da média movimentada nos últimos 21 pregões, assume-se a quantidade limite. Esta quantidade é, então, transformada em múltiplo de lotes padrão.
- Passo 4 → a quantidade operada considerada no Passo 3 é então contabilizada no estoque de ações da carteira simulada, o volume financeiro operado (quantidade operada multiplicada pelo preço médio) acrescentado das taxas operacionais é contabilizado nas contas a pagar ou a receber para liquidação em caixa em D+3 da data simulada, os valores com liquidação para a data simulada são computados em caixa e obtém-se os valores do patrimônio bruto da carteira simulada e de sua cota bruta.
- Passo 5 → faz-se o cálculo da taxa de administração a ser apropriada na data de simulação, conforme dado pela eq.(4.2), que é somado à provisão de Taxa ADM, obtendo-se, assim, os valores do patrimônio líquido de taxa de administração da carteira simulada e de sua cota líquida de Taxa ADM.
- Passo 6 → com base na cota líquida de Taxa ADM, faz-se o cálculo do valor da taxa de desempenho devida até a data, conforme dado pela eq.(5.3), que é contabilizada como uma provisão de P-Fee. Desta forma, constata-se, finalmente, o valor do patrimônio líquido da carteira simulada e o valor de sua cota líquida. O processo recomeça a partir da data seguinte.

O processo de simulação pode ser mais bem compreendido através do diagrama ilustrado na Figura 4.1. Maiores detalhes a respeito do programa de simulação dinâmica criado em Microsoft Office Excel 2007®, fazendo uso das ferramentas de linguagem de programação Visual Basic, podem ser encontrados no ANEXO C – PROGRAMA DE OTIMIZAÇÃO E SIMULAÇÃO.

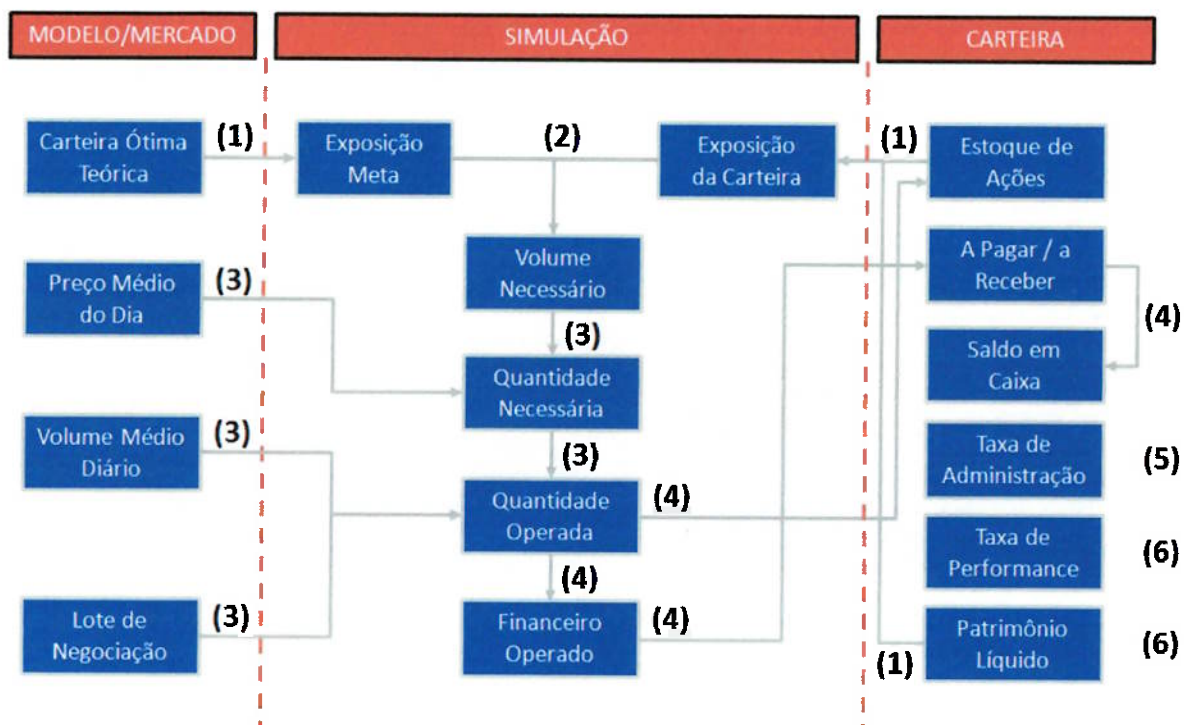


Figura 4.1 - Processo de Simulação

4.4 Resultados

Como no caso da análise da otimização apresentada na Seção 3.4, podemos verificar os resultados da simulação da carteira teórica graficamente.

O primeiro resultado a ser conferido é o da composição da carteira simulada, como se pode observar na Figura 4.2.

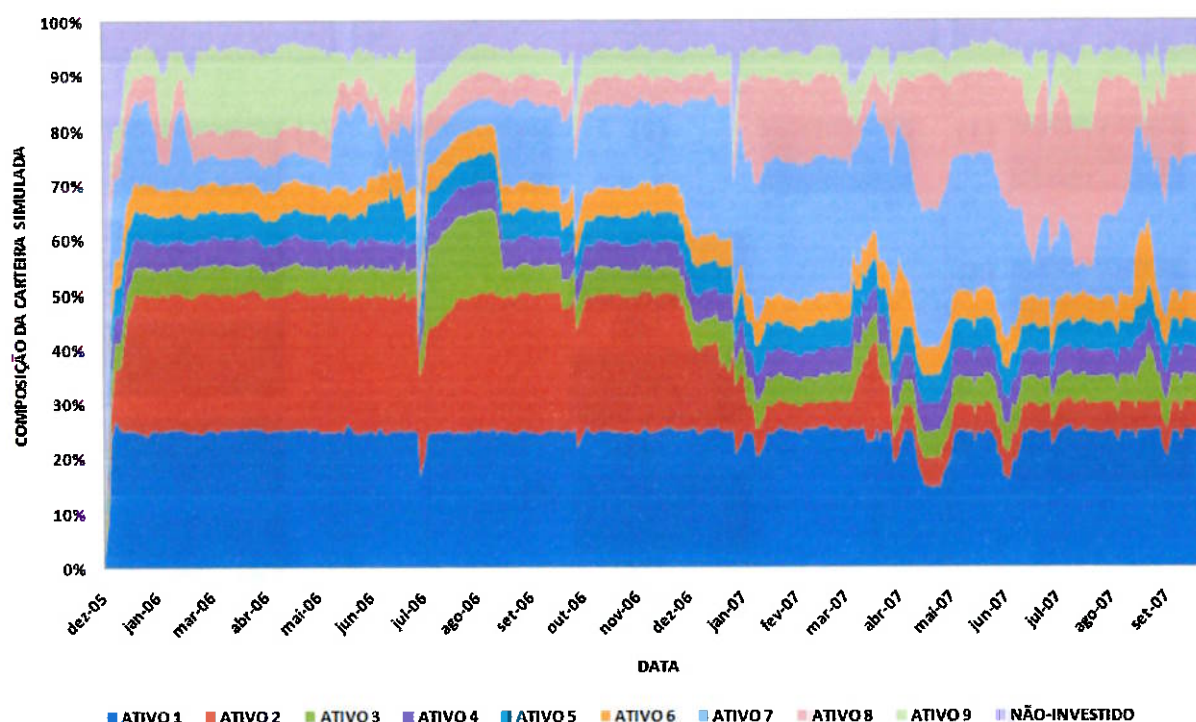


Figura 4.2 - Composição da Carteira Simulada

Percebe-se que a Figura 4.2, assemelha-se muito com a Figura 3.4, que ilustra a composição ótima gerada pelo modelo proposto de otimização, porém com algumas oscilações na composição. Isso se deve pelo fato de não ser possível fazer o ajuste das exposições da carteira simulada com 100% de precisão em relação à carteira ótima teórica, pois:

- I. O ajuste é realizado com base no preço médio de cada dia, enquanto a precificação da posição total é feita pelo preço de fechamento (considerado desconhecido para o respectivo dia);
- II. Dado que o preço de fechamento do dia é desconhecido, não se consegue prever a rentabilidade diária da carteira simulada e, portanto, não é possível prever o impacto na provisão de taxa de desempenho a pagar;
- III. Ajustar a carteira simulada com precisão além da que foi considerada pelo processo de simulação apresentado traria custos adicionais (custos operacionais) e que não se justificariam em termos de rentabilidade diária do produto. Por este mesmo motivo, foi colocada também uma tolerância na composição da carteira simulada de $\pm 0,5\%$ em relação à composição ótima.

Além disso, é possível notar também que existem alguns picos de diluição da carteira, dados pelo aumento da porção não-investida da carteira simulada. Estes pontos coincidem com os aportes programados no produto simulado, que diluem as posições investidas, mas que vão sendo corrigidas ao longo do tempo. Com o tempo também, o impacto destes aportes vai diminuindo, já que o patrimônio líquido da carteira aumenta.

Após analisar a evolução da Carteira Simulada em termos de sua exposição em cada um dos ativos, pode-se analisar então a evolução do portfólio gerado em relação a alguns índices de mercado. Consideraram-se, para efeito de comparação, os seguintes *benchmarks*:

- Índice Bovespa (IBOV) → o mais utilizado indicador de desempenho médio das cotações do mercado de ações brasileiro, composto por ações que representam: a-) mais de 80% do número de negócios e do volume financeiro verificados no mercado à vista da BOVESPA; b-) aproximadamente de 70% do valor de mercado de todas as empresas com ações negociáveis na BOVESPA;
- Taxa de Certificado de Depósito Interbancário (CDI) → é a taxa média de títulos emitidos e negociados entre bancos como forma de captação ou aplicação de recursos excedentes com prazos de 1 dia útil. A taxa média diária do CDI de um dia é utilizada como referencial para o custo do dinheiro (juros);
- Índice Geral de Preços do Mercado (IGP-M) → índice que registra a inflação de preços, considerando de forma ponderada desde matérias-primas agrícolas e industriais até bens e serviços finais, calculado pela Fundação Getúlio Vargas (FGV). Neste trabalho, utilizou-se o IGP-M + 6% a.a., como feito comumente no mercado financeiro.
- Índice Nacional de Preços ao Consumido Amplo (IPCA) → índice de preços ao consumidor também é um indicador de inflação, porém calculado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Como no caso do IGP-M, incrementaremos o IPCA com o fator 6% a.a..

Tomando-se, então, como base de valor R\$ 100,00, comparou-se a rentabilidade da carteira simulada bruta de taxas e da carteira simulada líquida de taxas com os *benchmarks* de mercado. O resultado está apresentado na .

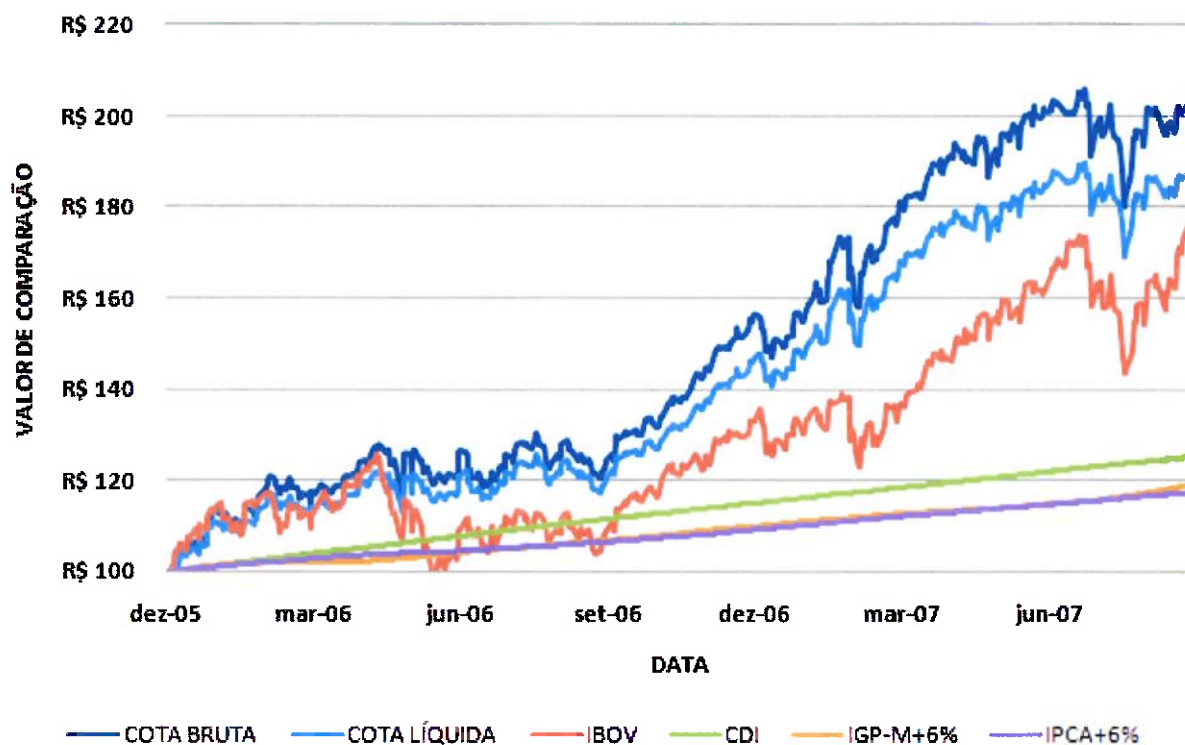


Figura 4.3 - Carteira Simulada vs. Benchmarks

Através da Figura 4.3, constata-se que, no período simulado, de 03/01/2005 a 28/09/2007, o desempenho da carteira simulada foi superior aos principais indicadores de mercado. A variação no período considerado do produto proposto, já líquido de taxas de administração e de desempenho, foi de 92,87% (109,17% bruto de taxas), enquanto o IBOV apresentou crescimento de 80,74%, o CDI acumulou alta de 25,33%, e os índices de inflação ficaram abaixo de 20% de aumento (19,45% para o IGP-M + 6% a.a. e 17,41% para o IPCA + 6% a.a.).

Além disso, verifica-se que, até meados de Maio de 2006, a Carteira Simulada não apresentou vantagem em relação ao índice da Bolsa de Valores, porém, a partir de então, sustentou-se em projeção de alta, enquanto o IBOVESPA entrou em declínio, o que definiu a vantagem da Carteira até o final do período simulado. Sem contar o fato de que o *portfólio* otimizado mostrou-se muito mais consistente do que o Índice Bovespa, dado que, em nenhum momento, oscilou a ponto de estar abaixo de indicadores de Renda Fixa (CDI e índices de preços), em relação aos quais, sua diferença foi gritante, principalmente a partir do terceiro trimestre de 2006.

Outro aspecto qualitativo interessante de ser analisado é o da P-Fee apropriada por aplicação, proporcionalmente ao valor do aporte. Este estudo é encontrado na Figura 4.4.

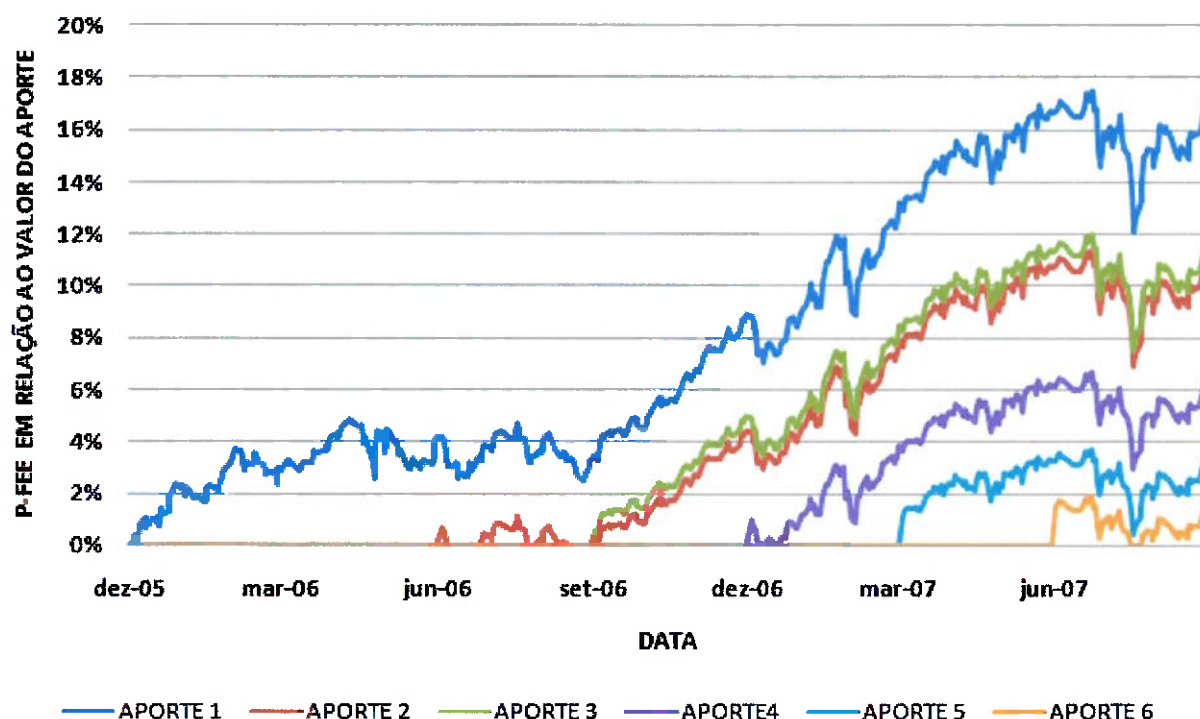


Figura 4.4 - P-Fee Relativa por Aplicação

Pelo gráfico ilustrado na Figura 4.4, conclui-se que o aporte inicial gerou taxa de desempenho ao longo de todo o período de simulação, ou seja, a evolução de sua cota de entrada esteve acima de sua correção pelo $\text{IGP-M} + 6\% \text{ a.a.}$.

O APORTE 2, ao contrário, demorou praticamente um trimestre para que começasse a gerar P-Fee de uma forma consistente, sendo superado nesse quesito, em relação ao tamanho do aporte, pelo APORTE 3, que entrou mais “tarde”, porém apropriou percentualmente um melhor desempenho. Ou seja, o APORTE 2 teria sido melhor aproveitado se, por exemplo, tivesse sido aplicado em a CDI (que apresentou uma variação maior do que $\text{IGP-M} + 6\% \text{ a.a.}$, utilizado para corrigir o valor da cota de entrada dos aportes) entre 30/06/2006 e 29/09/2006 e aportado produto juntamente com o APORTE 3.

Para todas as outras aplicações, o produto simulado foi e melhor opção de investimento.

CONCLUSÃO

5 CONCLUSÃO

Este Trabalho de Formatura apresentou como objetivo estruturar um modelo de determinação de carteiras de ações para a Tarpon Investimentos e comprovar a eficácia deste modelo, mais do que na adequação teórica, na aplicação prática.

Portanto, previamente à construção do modelo em si, fez-se necessário o entendimento da filosofia singular de investimentos da Tarpon, para que, a partir de então, fosse possível formular o problema quantitativo de composição de *portfólio* de forma alinhada e fiel à identidade da empresa, definida por sua disciplina à política diferenciada de investimentos.

Assimilado todos os pontos-chave do perfil de atuação da Tarpon em seu negócio, partiu-se para a modelagem de fato da questão que envolve a composição ótima de carteiras compostas por ativos financeiros. Para tanto, o trabalho baseou-se, primariamente, no modelo de Harry Markowitz apresentado em *Portfolio Selection* de 1952, um dos principais, senão o principal, materiais que abordam este problema por otimizações matemáticas envolvendo a relação entre o risco incorrido e o retorno esperado em investimentos.

Adaptações ao que se chamou de Fronteira Eficiente de Markowitz foram conduzidas a fim de que as alterações tornassem o modelo de otimização consistente com a proposta de investimento da Tarpon. As mudanças mais significantes deram-se em três aspectos:

- I. Na inversão para a maximização do retorno esperado da carteira limitado por uma medida de risco ao invés da minimização do risco esperado da carteira limitado por um patamar de retorno;
- II. Na definição do potencial de ganho de determinado ativo, parâmetro de longo prazo, como o parâmetro de ponderação do modelo de otimização;
- III. Na aproximação da medida de risco do modelo de otimização pela metodologia do Valor em Risco.

O estabelecimento da variável potencial de ganho como ponderador do modelo de seleção de *portfólio* representa, talvez, a maior contribuição conceitual deste trabalho em termos de diferenciação em relação à abordagem tradicional do mercado financeiro no tratamento destes parâmetros ponderadores. Especificamente para o problema de otimização de carteiras, o mercado costuma utilizar retornos diários, semanais, mensais, trimestrais, etc.,

baseados no horizonte em que se deseja rever a composição das carteiras, que normalmente são de curto prazo, e em relação a valores passados dos ativos. No modelo proposto neste trabalho, o potencial de ganho de determinado ativo é função de seu preço futuro, baseado em uma perspectiva de longo prazo e leva em consideração a expectativa de geração de valor ainda não observada nos investimentos.

Para que se chegasse à configuração definitiva do que se chamou de Modelo Tarpon, bastou, além de aplicar algumas restrições adicionais que formatassem o modelo a uma condição mais realista, estabelecer qual seria o método de estimação das variáveis potencial de ganho e VaR (valor em risco). Para prever o potencial de ganho futuro, utilizou-se a metodologia do cálculo da média suavizada exponencialmente EWMA, com a devida calibração do fator de decaimento exponencial. Para estimar a volatilidade, fez-se uso de estimadores estatísticos.

Com o modelo ajustado para a Tarpon, realizou-se a otimização de um *portfólio* teórico formado por ações de nove companhias que compõem o núcleo de investimento da empresa entre os períodos de 02/01/2007 a 29/09/2007. O modelo comportou-se da forma esperada e mostrou-se consistente em gerar soluções que indiquem uma estratégia de alocação de longo prazo.

Contudo, fica a ressalva de que foram poucos os momentos em que o valor em risco estimado do portfólio atingiu valores críticos, e, conseqüentemente, foram apenas em determinado intervalos de tempo em que a solução ótima não foi a solução trivial do problema. Ainda assim, nestes intervalos de tempo, o modelo apresentou-se bastante estável na atribuição de soluções ótimas.

Com a validação do modelo, partiu-se para a verificação de sua eficácia prática. Para tanto, simulou-se um produto hipotético que respeitasse diversas condições operacionais reais e limitações de mercado e que tivesse a alocação de seus recursos baseada na alocação ótima teórica fornecida pelo modelo de otimização. Os resultados da simulação mostraram-se excelentes, com uma rentabilidade bruta 35% maior do que a rentabilidade do melhor índice de comparação do mercado no período, o IBOVESPA. A rentabilidade líquida foi 11% maior do que a rentabilidade do melhor *benchmark*. Além disso, esta superioridade foi obtida com uma restrição de investimento máximo de 95%, ou seja, no melhor cenário, 5% da carteira

não estava alocada em nenhum ativo, dando retorno líquido negativo, dado que a taxa de administração é calculada com base em todo o patrimônio líquido da carteira.

A partir destes resultados, a conclusão a respeito da consistência teórica e da aplicação prática do modelo baseado em potenciais de ganho dos ativos é muito positiva, e, pode auxiliar e complementar a tomada de decisões da Tarpon acerca da gestão e condução de seus produtos de investimento com um parecer quantitativo, percepção esta que não existe atualmente.

Porém, apesar dos resultados satisfatórios, estudos complementares ainda podem ser realizados em trabalhos futuros a fim de aprimorar alguns pontos que não foram levados a níveis mais profundos de discussão neste trabalho por não se tratar de seu escopo.

Por exemplo, a qualidade da variável potencial de ganho está intimamente relacionada à qualidade da “tese do investimento”, em que se atribui um valor “justo” para o ativo, e à qualidade do monitoramento do ativo, que avalia a adequação do investimento à “tese”. Neste sentido, os resultados do trabalho poderiam muito bem ser melhorados caso modelos de avaliação do valor “justo” das companhias fossem elaborados e testados, modelos genéricos ou específicos para cada um dos ramos de atividades das diferentes companhias. Ou ainda se ferramentas de Qualidade, como a matriz de qualidade do *Quality Function Deployment* (QFD), fossem utilizadas como base para atribuir aos diferentes *cases* de investimento uma constante de adequação à tese de forma menos subjetiva.

Outro ponto interessante de ser analisado seria avaliar o quanto algumas premissas embutidas neste Trabalho de Formatura poderiam impactar as soluções ótimas e, conseqüentemente, as rentabilidades obtidas. Um dessas premissas refere-se à normalidade das distribuições dos retornos. Outra, por exemplo, seria o de considerar as séries temporais dos ganhos potenciais dos ativos como séries localmente constantes, mas sim admitir que existe tendência e/ou sazonalidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

JORION, P. **Value at risk: the new benchmark for managing financial risk**. Nova York: McGraw Hill, 2001.

MARKOWITZ, H.M. Portfolio Selection. **Journal of Finance**, v. 7, n.1, 1952.

MORETTIN, P.A.; TOLOI, C.M.C. **Análise de séries temporais**. São Paulo: Edgard Blücher, 2004.

WINSTON, W.L.; VENKATARAMANAM, M. **Introduction to mathematical programming: operations research volume 1**. Pacific Grove: Thomson Learning, 2003.

WESTON, J.F.; BRIGHAM, E.F. **Fundamentos da administração financeira**. São Paulo: Makron Books, 2000.

7 REFERÊNCIAS COMPLEMENTARES

COSTA NETO, P.L. **Estatística**. São Paulo: Edgard Blücher, 2002.

FERREIRA, L.A.S. **Trabalho de formatura: Modelo para composição de carteiras de investimento com mínimo valor em risco**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Produção, 2003.

FORTUNA, E. **Mercado financeiro: produtos e serviços**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1997.

FREUND, J.E.; SIMON, G.A. **Estatística aplicada: Economia, Administração e Contabilidade**. Porto Alegre: Bookman, 2000.

GITMAN, L.J. **Princípios de administração financeira**. São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2004.

MONTGOMERY, D.C.; RUNGER, G.C.. **Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros**. Rio de Janeiro: LTC, 2003.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS BANCOS DE INVESTIMENTOS – ANBID. Apresenta informações e regulamentações sobre Fundos de Investimento e Carteiras Administradas. São Paulo. <<http://www.anbid.com.br>>

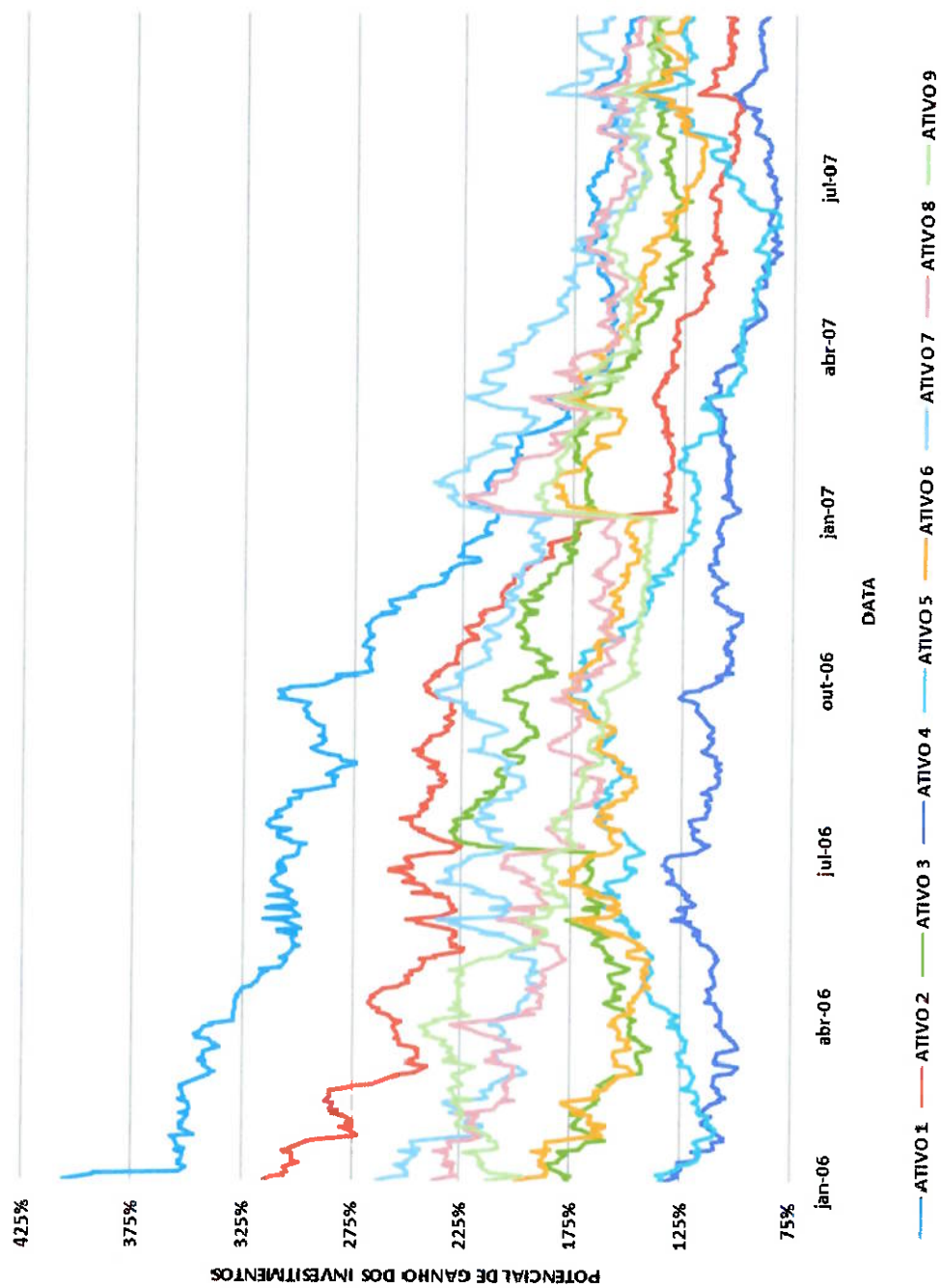
BOLSA DE VALORES DE SÃO PAULO – BOVESPA. São Paulo. Apresenta informações sobre o funcionamento da Bolsa de Valores e do Mercado à Vista de Ações. <<http://www.bovespa.com.br>>

COMPANHIA BRASILEIRA DE LIQUIDAÇÃO E CUSTÓDIA – CBLC. São Paulo. Apresenta informações a respeito de procedimentos operacionais de liquidação no Mercado à Vista de Ações. <<http://www.cblic.com.br>>

ANEXOS

ANEXO A – POTENCIAL DE GANHO

Valores do potencial de ganho dos ativos que compõem o portfólio teórico.



ANEXO B – ADEQUAÇÃO DO EWMA

Valores de R^2 fornecidos pelo Minitab.

Regression Analysis: REAL_1 versus 95%_1

The regression equation is
 $REAL_1 = 0,00492 + 0,995\ 95\%_1$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	0,004923	0,005932	0,84	0,399
95%_1	0,995346	0,002297	433,37	0,000

S = 0,0354230 **R-Sq = 99,8% R-Sq(adj) = 99,8%**

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	235,67	235,67	197813,15	0,000
Residual Error	439	0,55	0,00		
Total	440	236,22			

Regression Analysis: REAL_1 versus 85%_1

The regression equation is
 $REAL_1 = 0,00497 + 0,995\ 85\%_1$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	0,004968	0,005929	0,84	0,403
85%_1	0,995022	0,002334	426,32	0,000

S = 0,0360079 **R-Sq = 99,8% R-Sq(adj) = 99,8%**

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	235,65	235,65	191747,20	0,000
Residual Error	439	0,57	0,00		
Total	440	236,22			

Regression Analysis: REAL_1 versus 75%_1

The regression equation is
 $REAL_1 = 0,00510 + 0,995\ 75\%_1$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	0,005097	0,006088	0,84	0,403
75%_1	0,994580	0,002396	415,14	0,000

S = 0,0369751 **R-Sq = 99,7% R-Sq(adj) = 99,7%**

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	235,62	235,62	172340,42	0,000
Residual Error	439	0,60	0,00		
Total	440	236,22			

Regression Analysis: REAL_1 versus 65%_1

The regression equation is
 $REAL_1 = 0,00533 + 0,994\ 65\%_1$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	0,005331	0,006325	0,84	0,400
65%_1	0,993977	0,002488	399,55	0,000

S = 0,0384135 **R-Sq = 99,7% R-Sq(adj) = 99,7%**

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	235,57	235,57	159640,52	0,000
Residual Error	439	0,65	0,00		
Total	440	236,22			

Regression Analysis: REAL_2 versus 95%_2

The regression equation is
 $REAL_2 = 0,00270 + 0,996 \ 95\%_2$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	0,002696	0,004899	0,55	0,582
95%_2	0,995999	0,002474	402,56	0,000

S = 0,0342357 R-Sq = 99,7% R-Sq(adj) = 99,7%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	189,95	189,95	162058,20	0,000
Residual Error	439	0,51	0,00		
Total	440	190,46			

Regression Analysis: REAL_2 versus 85%_2

The regression equation is
 $REAL_2 = 0,00254 + 0,996 \ 85\%_2$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	0,002539	0,005006	0,51	0,612
85%_2	0,995689	0,002528	393,91	0,000

S = 0,0349855 R-Sq = 99,7% R-Sq(adj) = 99,7%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	189,92	189,92	155167,92	0,000
Residual Error	439	0,54	0,00		
Total	440	190,46			

Regression Analysis: REAL_2 versus 75%_2

The regression equation is
 $REAL_2 = 0,00241 + 0,995 \ 75\%_2$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	0,002407	0,005177	0,46	0,642
75%_2	0,995373	0,002613	380,92	0,000

S = 0,0361754 R-Sq = 99,7% R-Sq(adj) = 99,7%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	189,89	189,89	145099,16	0,000
Residual Error	439	0,57	0,00		
Total	440	190,46			

Regression Analysis: REAL_2 versus 65%_2

The regression equation is
 $REAL_2 = 0,00229 + 0,995 \ 65\%_2$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	0,002226	0,005425	0,42	0,674
65%_2	0,994929	0,002737	363,54	0,000

S = 0,0378995 R-Sq = 99,7% R-Sq(adj) = 99,7%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	189,83	189,83	132158,83	0,000
Residual Error	439	0,63	0,00		
Total	440	190,46			

Regression Analysis: REAL_3 versus 95%_3

The regression equation is
 $REAL_3 = 0,0116 + 0,993 \ 95\%_3$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	0,01105	0,01115	0,99	0,322
95%_3	0,992564	0,006706	148,01	0,000

S = 0,0373365 R-Sq = 99,0% R-Sq(adj) = 98,0%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	30,538	30,538	21906,57	0,000
Residual Error	439	0,612	0,001		
Total	440	31,150			

Regression Analysis: REAL_3 versus 85%_3

The regression equation is
 $REAL_3 = 0,0093 + 0,994 \ 85\%_3$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	0,00928	0,01131	0,82	0,412
85%_3	0,993556	0,006903	144,04	0,000

S = 0,0378305 R-Sq = 99,0% R-Sq(adj) = 98,0%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	30,522	30,522	21326,91	0,000
Residual Error	439	0,628	0,001		
Total	440	31,150			

Regression Analysis: REAL_3 versus 75%_3

The regression equation is
 $REAL_3 = 0,0076 + 0,994 \ 75\%_3$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	0,00758	0,01160	0,65	0,514
75%_3	0,994485	0,006979	142,50	0,000

S = 0,0387506 R-Sq = 97,9% R-Sq(adj) = 97,9%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	30,491	30,491	20305,50	0,000
Residual Error	439	0,659	0,002		
Total	440	31,150			

Regression Analysis: REAL_3 versus 65%_3

The regression equation is
 $REAL_3 = 0,0058 + 0,995 \ 65\%_3$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	0,00584	0,01205	0,48	0,628
65%_3	0,995411	0,007249	137,31	0,000

S = 0,0401805 R-Sq = 97,7% R-Sq(adj) = 97,7%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	30,441	30,441	18955,27	0,000
Residual Error	439	0,709	0,002		
Total	440	31,150			

Regression Analysis: REAL_4 versus 95%_4

The regression equation is
 $REAL_4 = 0,0153 + 0,994 \ 95\%_4$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	0,015311	0,008209	1,87	0,063
95%_4	0,984333	0,007795	126,27	0,000

S = 0,0198446 R-Sq = 97,3% R-Sq(adj) = 97,3%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	6,2792	6,2792	15944,95	0,000
Residual Error	439	0,1729	0,0004		
Total	440	6,4521			

Regression Analysis: REAL_4 versus 85%_4

The regression equation is
 $REAL_4 = 0,0146 + 0,985 \ 85\%_4$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	0,014630	0,008425	1,74	0,083
85%_4	0,984871	0,007999	123,13	0,000

S = 0,0203376 R-Sq = 97,2% R-Sq(adj) = 97,2%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	6,2705	6,2705	15160,18	0,000
Residual Error	439	0,1816	0,0004		
Total	440	6,4521			

Regression Analysis: REAL_4 versus 75%_4

The regression equation is
 $REAL_4 = 0,0141 + 0,985 \ 75\%_4$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	0,014110	0,008727	1,62	0,107
75%_4	0,985225	0,008285	118,92	0,000

S = 0,0210354 R-Sq = 97,0% R-Sq(adj) = 97,0%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	6,2579	6,2579	14142,40	0,000
Residual Error	439	0,1943	0,0004		
Total	440	6,4521			

Regression Analysis: REAL_4 versus 65%_4

The regression equation is
 $REAL_4 = 0,0138 + 0,985 \ 65\%_4$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	0,013750	0,009138	1,50	0,133
65%_4	0,985378	0,008673	113,61	0,000

S = 0,0219873 R-Sq = 96,7% R-Sq(adj) = 96,7%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	6,2399	6,2399	12907,18	0,000
Residual Error	439	0,2122	0,0005		
Total	440	6,4521			

Regression Analysis: REAL_5 versus 95%_5

The regression equation is
 $REAL_5 = 0,00623 + 0,995 \ 95\%_5$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	0,006229	0,007057	0,88	0,378
95%_5	0,994648	0,005429	183,20	0,000

S = 0,0265785 R-Sq = 92,7% R-Sq(adj) = 92,7%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	23,710	23,710	33563,25	0,000
Residual Error	439	0,310	0,001		
Total	440	24,020			

Regression Analysis: REAL_5 versus 85%_5

The regression equation is
 $REAL_5 = 0,00554 + 0,995 \ 85\%_5$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	0,005537	0,007209	0,77	0,443
85%_5	0,995138	0,005546	179,42	0,000

S = 0,0271311 R-Sq = 92,7% R-Sq(adj) = 92,7%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	23,697	23,697	32192,30	0,000
Residual Error	439	0,323	0,001		
Total	440	24,020			

Regression Analysis: REAL_5 versus 75%_5

The regression equation is
 $REAL_5 = 0,00489 + 0,996 \ 75\%_5$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	0,004888	0,007445	0,66	0,512
75%_5	0,995581	0,005728	173,82	0,000

S = 0,0279932 R-Sq = 92,6% R-Sq(adj) = 92,6%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	23,676	23,676	30213,25	0,000
Residual Error	439	0,344	0,001		
Total	440	24,020			

Regression Analysis: REAL_5 versus 65%_5

The regression equation is
 $REAL_5 = 0,00424 + 0,996 \ 65\%_5$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	0,004244	0,007783	0,55	0,586
65%_5	0,995999	0,005987	166,35	0,000

S = 0,0292302 R-Sq = 92,4% R-Sq(adj) = 92,4%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	23,645	23,645	27673,85	0,000
Residual Error	439	0,375	0,001		
Total	440	24,020			

Regression Analysis: REAL_6 versus 95%_6

The regression equation is
 $REAL_6 = 0,0251 + 0,982 \ 95\%_6$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	0,02508	0,01343	1,87	0,063
95%_6	0,982211	0,008733	112,47	0,000

S = 0,0324744 R-Sq = 96,6% R-Sq(adj) = 96,6%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	13,339	13,339	12648,44	0,000
Residual Error	439	0,463	0,001		
Total	440	13,802			

Regression Analysis: REAL_6 versus 85%_6

The regression equation is
 $REAL_6 = 0,0234 + 0,983 \ 85\%_6$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	0,02337	0,01376	1,70	0,090
85%_6	0,983174	0,008947	109,89	0,000

S = 0,0332029 R-Sq = 96,5% R-Sq(adj) = 96,5%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	13,318	13,318	12075,91	0,000
Residual Error	439	0,494	0,001		
Total	440	13,802			

Regression Analysis: REAL_6 versus 75%_6

The regression equation is
 $REAL_6 = 0,0220 + 0,984 \ 75\%_6$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	0,02198	0,01426	1,54	0,124
75%_6	0,983993	0,009267	106,18	0,000

S = 0,0343278 R-Sq = 96,3% R-Sq(adj) = 96,2%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	13,284	13,284	11279,32	0,000
Residual Error	439	0,517	0,001		
Total	440	13,802			

Regression Analysis: REAL_6 versus 65%_6

The regression equation is
 $REAL_6 = 0,0209 + 0,984 \ 65\%_6$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	0,02089	0,01495	1,40	0,163
65%_6	0,984357	0,009718	101,29	0,000

S = 0,0359180 R-Sq = 95,9% R-Sq(adj) = 95,9%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	13,235	13,235	10259,23	0,000
Residual Error	439	0,566	0,001		
Total	440	13,802			

Regression Analysis: REAL_7 versus 95%_7

The regression equation is
 $REAL_7 = 0,0236 + 0,987 \ 95\%_7$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	0,02363	0,01495	1,58	0,115
95%_7	0,986626	0,007471	132,06	0,000

S = 0,0418690 R-Sq = 97,5% R-Sq(adj) = 97,5%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	30,569	30,569	17438,86	0,000
Residual Error	439	0,770	0,002		
Total	440	31,339			

Regression Analysis: REAL_7 versus 85%_7

The regression equation is
 $REAL_7 = 0,0221 + 0,987 \ 85\%_7$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	0,02210	0,01534	1,44	0,151
85%_7	0,987238	0,007667	128,76	0,000

S = 0,0429112 R-Sq = 97,4% R-Sq(adj) = 97,4%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	30,530	30,530	16580,17	0,000
Residual Error	439	0,808	0,002		
Total	440	31,339			

Regression Analysis: REAL_7 versus 75%_7

The regression equation is
 $REAL_7 = 0,0208 + 0,988 \ 75\%_7$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	0,02081	0,01591	1,31	0,191
75%_7	0,987682	0,007948	124,27	0,000

S = 0,0444195 R-Sq = 97,2% R-Sq(adj) = 97,2%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	30,472	30,472	15443,99	0,000
Residual Error	439	0,866	0,002		
Total	440	31,339			

Regression Analysis: REAL_7 versus 65%_7

The regression equation is
 $REAL_7 = 0,0198 + 0,988 \ 65\%_7$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	0,01976	0,01668	1,18	0,237
65%_7	0,987945	0,008332	118,57	0,000

S = 0,0464926 R-Sq = 97,0% R-Sq(adj) = 97,0%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	30,390	30,390	14059,15	0,000
Residual Error	439	0,949	0,002		
Total	440	31,339			

Regression Analysis: REAL_8 versus 95%_8

The regression equation is
 $REAL_8 = 0,0336 + 0,980\ 95\%_8$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	0,03363	0,01623	2,07	0,039
95%_8	0,979535	0,009097	107,68	0,000

S = 0,0447701 R-Sq = 96,4% R-Sq(adj) = 96,3%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	23,239	23,239	11594,32	0,000
Residual Error	439	0,880	0,002		
Total	440	24,119			

Regression Analysis: REAL_8 versus 85%_8

The regression equation is
 $REAL_8 = 0,0317 + 0,980\ 85\%_8$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	0,03174	0,01659	1,91	0,056
85%_8	0,980441	0,009297	105,46	0,000

S = 0,0456759 R-Sq = 96,2% R-Sq(adj) = 96,2%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	23,203	23,203	11121,90	0,000
Residual Error	439	0,916	0,002		
Total	440	24,119			

Regression Analysis: REAL_8 versus 75%_8

The regression equation is
 $REAL_8 = 0,0303 + 0,981\ 75\%_8$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	0,03026	0,01714	1,77	0,079
75%_8	0,981075	0,009600	102,19	0,000

S = 0,0470782 R-Sq = 96,0% R-Sq(adj) = 96,0%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	23,146	23,146	10443,30	0,000
Residual Error	439	0,973	0,002		
Total	440	24,119			

Regression Analysis: REAL_8 versus 65%_8

The regression equation is
 $REAL_8 = 0,0291 + 0,981\ 65\%_8$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	0,02912	0,01791	1,63	0,105
65%_8	0,98145	0,01003	97,87	0,000

S = 0,0490682 R-Sq = 95,6% R-Sq(adj) = 95,6%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	23,062	23,062	9578,55	0,000
Residual Error	439	1,057	0,002		
Total	440	24,119			

Regression Analysis: REAL_9 versus 95%_9

The regression equation is
 $REAL_9 = 0,0105 + 0,993\ 95\%_9$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	0,01051	0,01070	0,98	0,327
95%_9	0,992647	0,006145	161,54	0,000

S = 0,0388293 R-Sq = 98,3% R-Sq(adj) = 98,3%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	39,343	39,343	26094,63	0,000
Residual Error	439	0,662	0,002		
Total	440	40,005			

Regression Analysis: REAL_9 versus 85%_9

The regression equation is
 $REAL_9 = 0,0088 + 0,993\ 85\%_9$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	0,00885	0,01082	0,82	0,414
85%_9	0,993484	0,006215	159,85	0,000

S = 0,0392323 R-Sq = 98,3% R-Sq(adj) = 98,3%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	39,329	39,329	25552,34	0,000
Residual Error	439	0,676	0,002		
Total	440	40,005			

Regression Analysis: REAL_9 versus 75%_9

The regression equation is
 $REAL_9 = 0,0072 + 0,994\ 75\%_9$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	0,00723	0,01106	0,65	0,513
75%_9	0,994255	0,006348	156,62	0,000

S = 0,0400284 R-Sq = 98,2% R-Sq(adj) = 98,2%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	39,302	39,302	24528,69	0,000
Residual Error	439	0,703	0,002		
Total	440	40,005			

Regression Analysis: REAL_9 versus 65%_9

The regression equation is
 $REAL_9 = 0,0056 + 0,995\ 65\%_9$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	0,00558	0,01142	0,49	0,625
65%_9	0,994991	0,006557	151,74	0,000

S = 0,0412904 R-Sq = 98,1% R-Sq(adj) = 98,1%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	39,257	39,257	23025,79	0,000
Residual Error	439	0,748	0,002		
Total	440	40,005			

ANEXO C – PROGRAMA DE OTIMIZAÇÃO E SIMULAÇÃO

Neste anexo, serão apresentados maiores detalhes a respeito do programa de otimização e simulação dinâmica criado em Microsoft Office Excel 2007®, fazendo uso das ferramentas de linguagem de programação Visual Basic.

O programa foi dividido basicamente em quatro partes identificadas pelas cores das guias abaixo das planilhas.

As planilhas com guias verdes contêm toda a base de dados do programa: a planilha “Médio” contém os preços médios históricos dos nove ativos que compõem o *portfólio* teórico; a planilha “Fechamento” possui os preços de fechamentos históricos dos ativos; a planilha “Log-Retorno” calcula o retorno geométrico diário dos ativos com base no preço de fechamento através da eq.(3.19); a planilha “Retorno” calcula o potencial de ganho de cada ativo com base na eq.(3.7) e na Tabela 3.2; a planilha “Quantidade” contém informações da quantidade de ações negociadas diariamente pelo mercado; a planilha “Financeiro” contém informações do volume financeiro negociado diariamente pelo mercado; e, finalmente, a planilha “Mercado” calcula a média diária do volume financeiro operado pelo mercado nos últimos 21 preços.

	AVERAGE	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
917	12/06/2007	RS 72,96	RS 168,75	RS 43,54	RS 37,38	RS 12,29	RS 47,11	RS 63,04	RS 25,97	RS 47,68	
918	06/06/2007	RS 72,99	RS 169,05	RS 43,94	RS 36,77	RS 12,02	RS 46,06	RS 61,26	RS 25,17	RS 47,65	
919	07/06/2007	RS 72,77	RS 170,53	RS 43,48	RS 36,99	RS 11,92	RS 47,83	RS 62,93	RS 25,71	RS 47,41	
920	08/06/2007	RS 73,66	RS 174,09	RS 44,10	RS 37,48	RS 11,83	RS 48,86	RS 65,00	RS 26,58	RS 48,52	
921	09/06/2007	RS 74,61	RS 172,36	RS 43,86	RS 36,33	RS 11,46	RS 49,99	RS 62,76	RS 25,96	RS 48,40	
922	10/06/2007	RS 75,59	RS 171,88	RS 42,42	RS 35,57	RS 11,03	RS 47,06	RS 56,11	RS 25,48	RS 47,45	
923	13/06/2007	RS 71,29	RS 170,50	RS 43,07	RS 34,47	RS 11,50	RS 45,52	RS 59,99	RS 26,20	RS 48,58	
924	14/06/2007	RS 71,25	RS 169,47	RS 42,83	RS 33,96	RS 10,78	RS 44,58	RS 58,24	RS 25,90	RS 48,83	
925	15/06/2007	RS 70,36	RS 161,44	RS 42,81	RS 34,23	RS 10,25	RS 43,19	RS 56,35	RS 25,66	RS 47,90	
926	16/06/2007	RS 68,62	RS 164,47	RS 41,17	RS 33,27	RS 9,88	RS 40,26	RS 51,37	RS 23,42	RS 44,54	
927	17/06/2007	RS 68,05	RS 168,48	RS 40,85	RS 33,93	RS 10,06	RS 40,99	RS 52,42	RS 24,14	RS 44,44	
928	20/06/2007	RS 69,88	RS 161,40	RS 41,15	RS 34,59	RS 11,06	RS 41,26	RS 53,16	RS 24,75	RS 45,90	
929	21/06/2007	RS 70,46	RS 165,88	RS 41,47	RS 35,38	RS 11,90	RS 42,52	RS 54,77	RS 25,37	RS 47,12	
930	22/06/2007	RS 72,16	RS 154,84	RS 42,86	RS 38,88	RS 12,35	RS 44,19	RS 58,69	RS 26,30	RS 48,51	
931	23/06/2007	RS 72,42	RS 154,27	RS 42,91	RS 38,28	RS 12,42	RS 44,69	RS 57,27	RS 26,17	RS 48,12	
932	24/06/2007	RS 73,21	RS 154,13	RS 43,58	RS 38,31	RS 12,27	RS 45,30	RS 57,56	RS 26,28	RS 48,22	
933	27/06/2007	RS 75,87	RS 154,89	RS 43,92	RS 38,81	RS 12,01	RS 45,21	RS 57,69	RS 26,49	RS 49,51	
934	28/06/2007	RS 75,38	RS 152,88	RS 43,33	RS 37,88	RS 11,57	RS 44,11	RS 56,84	RS 25,95	RS 49,04	
935	29/06/2007	RS 74,01	RS 152,84	RS 43,47	RS 37,38	RS 11,82	RS 44,77	RS 57,29	RS 26,33	RS 49,53	
936	30/06/2007	RS 74,46	RS 153,98	RS 43,85	RS 38,34	RS 11,37	RS 45,70	RS 58,58	RS 26,38	RS 49,87	
937	03/07/2007	RS 74,70	RS 150,96	RS 44,08	RS 38,62	RS 11,99	RS 47,35	RS 60,74	RS 26,47	RS 50,81	
938	04/07/2007	RS 75,90	RS 164,75	RS 43,75	RS 38,34	RS 12,00	RS 47,66	RS 60,59	RS 26,47	RS 49,82	
939	04/07/2007	RS 76,46	RS 164,89	RS 44,29	RS 38,23	RS 12,32	RS 47,87	RS 60,88	RS 26,50	RS 49,58	
940	05/07/2007	RS 74,94	RS 163,43	RS 44,62	RS 38,25	RS 12,30	RS 48,49	RS 59,21	RS 26,40	RS 49,35	
941	06/07/2007	RS 75,80	RS 165,70	RS 44,01	RS 38,41	RS 12,59	RS 48,87	RS 59,81	RS 26,52	RS 50,03	
942	09/07/2007	RS 76,43	RS 166,27	RS 42,71	RS 37,83	RS 12,18	RS 49,02	RS 57,11	RS 26,93	RS 49,43	
943	10/07/2007	RS 75,59	RS 168,88	RS 42,92	RS 38,15	RS 12,35	RS 48,07	RS 57,28	RS 26,19	RS 49,17	
944	12/07/2007	RS 75,48	RS 168,00	RS 41,45	RS 38,02	RS 12,18	RS 44,04	RS 56,46	RS 26,77	RS 50,05	
945	13/07/2007	RS 75,81	RS 165,90	RS 41,64	RS 37,91	RS 12,29	RS 44,37	RS 56,84	RS 27,21	RS 51,23	
946	14/07/2007	RS 76,19	RS 163,25	RS 42,55	RS 37,89	RS 12,22	RS 45,78	RS 58,16	RS 27,52	RS 51,72	
947	17/07/2007	RS 76,59	RS 163,40	RS 42,06	RS 37,41	RS 11,98	RS 45,67	RS 58,81	RS 27,04	RS 51,45	
948	18/07/2007	RS 76,11	RS 164,25	RS 42,68	RS 37,93	RS 11,85	RS 44,59	RS 57,25	RS 27,39	RS 50,47	
949	19/07/2007	RS 76,53	RS 168,73	RS 43,49	RS 38,21	RS 11,95	RS 46,88	RS 59,88	RS 27,38	RS 50,29	
950	20/07/2007	RS 76,98	RS 167,92	RS 43,26	RS 37,78	RS 11,97	RS 46,55	RS 59,81	RS 27,33	RS 50,04	
951	23/07/2007	RS 76,55	RS 164,72	RS 42,75	RS 37,54	RS 12,08	RS 46,77	RS 59,84	RS 27,37	RS 50,06	
952	24/07/2007	RS 76,32	RS 164,84	RS 42,89	RS 37,85	RS 12,11	RS 47,17	RS 59,87	RS 27,42	RS 50,03	
953	25/07/2007	RS 76,43	RS 165,88	RS 42,76	RS 37,87	RS 12,27	RS 47,03	RS 59,73	RS 27,28	RS 49,48	
954	26/07/2007	RS 77,77	RS 168,86	RS 43,72	RS 38,78	RS 12,43	RS 47,83	RS 60,79	RS 27,74	RS 49,93	
955	27/07/2007	RS 76,76	RS 165,97	RS 44,10	RS 38,81	RS 12,40	RS 48,26	RS 61,11	RS 28,43	RS 50,96	
956	28/07/2007	RS 79,39	RS 162,81	RS 43,81	RS 39,40	RS 12,47	RS 47,75	RS 60,99	RS 29,25	RS 52,49	
957	31/07/2007	RS 80,19	RS 164,11	RS 44,49	RS 39,76	RS 12,55	RS 49,40	RS 62,82	RS 30,27	RS 54,22	
958	03/08/2007	RS 80,22	RS 161,09	RS 44,42	RS 38,75	RS 12,75	RS 49,00	RS 62,84	RS 30,36	RS 54,48	
959	03/08/2007	RS 79,98	RS 160,38	RS 45,08	RS 39,47	RS 12,88	RS 51,08	RS 63,70	RS 30,35	RS 54,00	
960	04/08/2007	RS 81,17	RS 165,24	RS 45,24	RS 39,90	RS 13,51	RS 60,84	RS 63,59	RS 30,74	RS 54,11	
961	06/08/2007	RS 81,86	RS 164,30	RS 45,96	RS 40,05	RS 13,67	RS 61,45	RS 65,34	RS 31,03	RS 54,82	
962	06/08/2007	RS 82,49	RS 164,45	RS 46,33	RS 39,67	RS 13,96	RS 61,87	RS 65,51	RS 30,79	RS 55,05	
963	09/08/2007	RS 82,82	RS 163,90	RS 46,87	RS 39,86	RS 13,88	RS 62,40	RS 67,81	RS 31,15	RS 57,62	
964	10/08/2007	RS 82,35	RS 157,28	RS 48,75	RS 39,89	RS 13,86	RS 55,76	RS 68,32	RS 30,54	RS 56,05	
965	15/08/2007	RS 82,81	RS 160,41	RS 48,13	RS 39,95	RS 14,11	RS 53,97	RS 68,47	RS 30,98	RS 56,01	

As planilhas com guias azuis são utilizadas para o cálculo da Média Móvel Suavizada Exponencialmente. A planilha “EWMA” contém os cálculos das estimativas diárias do

potencial de ganho dos ativos do portfólio teórico. Os parâmetros para o cálculo do EWMA (fator de decaimento e janela temporal) são registrados nesta planilha e o botão “CALCULAR EWMA” ativa uma programação em Visual Basic que faz os cálculos das previsões de acordo com os parâmetros registrados e com a eq.(3.9). A planilha “EWMA (BASE)” serve apenas de planilha-suporte para alguns cálculos.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
1	Janela Temporal	N	21		GABARITO														
2	Fator de Decaimento	L	0.95																
3																			
4																			
5																			
6																			
7																			
8																			
9																			
10																			
11																			
12																			
13																			
14																			
15																			
16																			
17																			
18																			
19																			
20																			
21																			
22																			
23																			
24																			
25																			
26																			
27																			
28																			
29																			
30																			
31																			
32																			
33																			
34																			
35																			
36																			
37																			
38																			
39																			
40																			
41																			
42																			
43																			
44																			
45																			
46																			
47																			
48																			
49																			
50																			
51																			
52																			
53																			
54																			
55																			
56																			
57																			
58																			
59																			
60																			
61																			
62																			
63																			
64																			
65																			
66																			
67																			
68																			
69																			
70																			
71																			
72																			
73																			
74																			
75																			
76																			
77																			
78																			
79																			
80																			
81																			
82																			
83																			
84																			
85																			
86																			
87																			
88																			
89																			
90																			
91																			
92																			
93																			
94																			
95																			
96																			
97																			
98																			
99																			
100																			

As planilhas guias em vermelho realizam a otimização do modelo proposto neste trabalho. A planilha “Covariância” calcula, para cada período, a matriz estimada de covariância do *portfólio* teórico de acordo com os estimadores definidos na eq.(3.17) e na eq.(3.18). A planilha “Solver” consolida, a cada data de otimização, o EWMA e a matriz de covariância calculados pelo programa e está formatada para que a otimização seja realizada por meio do suplemento Solver. A planilha “Portfólio” contém os registros diários das carteiras otimizadas. O botão “GERAR CARTEIRA” ativa uma programação em Visual Basic que resolve a programação linear da planilha “Solver” e o botão “REGISTRAR” ativa uma programação em Visual Basic que registra as soluções ótimas na planilha “Portfólio”.

