



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

CAMPUS QUIXADÁ

BACHARELADO EM ENGENHARIA DE SOFTWARE

JOSÉ ALAN FIRMIANO ARAÚJO

**OTIMIZAÇÃO DE CARTEIRA DE INVESTIMENTO NA
BOLSA DE VALORES UTILIZANDO ANÁLISE
ENVOLTÓRIA DE DADOS E TEORIA DO PORTIFÓLIO**

QUIXADÁ

2018

JOSÉ ALAN FIRMIANO ARAÚJO

OTIMIZAÇÃO DE CARTEIRA DE INVESTIMENTO NA
BOLSA DE VALORES UTILIZANDO ANÁLISE
ENVOLTÓRIA DE DADOS E TEORIA DO PORTIFÓLIO

Monografia apresentada no curso de Engenharia de Software da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Engenharia de Software. Área de concentração: Computação.

Orientador: Prof. Dr. Wladimir Araujo Tavares.

Coorientador: Prof. Dr. Fábio Carlos Sousa Dias

QUIXADÁ

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

A689o Araújo, José Alan Firmiano.

Otimização de carteira de investimento na bolsa de valores utilizando análise envoltória de dados e teoria do portfólio / José Alan Firmiano Araújo. – 2018.
40 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Campus de Quixadá, Curso de Engenharia de Software, Quixadá, 2018.

Orientação: Prof. Dr. Wladimir Araujo Tavares.

Coorientação: Prof. Dr. Fábio Carlos Sousa Dias.

1. Análise de envoltória de dados. 2. Modelo de Markowitz. 3. Otimização. 4. Investimentos. 5. Bolsa de Valores. I. Título.

CDD 005.1

JOSÉ ALAN FIRMIANO ARAÚJO

OTIMIZAÇÃO DE CARTEIRA DE INVESTIMENTO NA
BOLSA DE VALORES UTILIZANDO ANÁLISE
ENVOLTÓRIA DE DADOS E TEORIA DO PORTIFÓLIO

Monografia apresentada no curso de Engenharia de Software da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Engenharia de Software. Área de concentração: Computação.

Aprovada em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Wladimir Araujo Tavares (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Criston Pereira de Souza
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Me. André Ribeiro Braga
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Me. Francisco Erivelton Fernandes de
Aragão
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Este trabalho é dedicado ao meu avô, José Almeida Lopes.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a Deus, que foi minha maior força nos momentos de angustia e desespero. Sem ele, nada disso seria possível.

Sou grato aos meus pais, Francisco e Euricina, que me apoiaram muito com palavras de incentivo em todos esses anos.

Agradeço a minha família, que sempre me apoiou em todos os momentos.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Wladimir Araujo Tavares pelo suporte e empenho em me ajudar, e ao Prof. Dr. Fabio Carlos Sousa Dias pela oportunidade e apoio como coorientador na elaboração deste trabalho.

Agradeço a todos os professores que me auxiliaram nessa caminhada, em especial Antonia Diana Braga Nogueira e Marcos Dantas Ortiz por todos esses anos onde fui bolsista e pude trabalhar em projetos que me incentivaram para que eu me tornasse um profissional melhor a cada dia.

Agradeço aos meus amigos, que deram uma contribuição valiosa para a minha jornada acadêmica.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

“E todos os reis se prostrarão perante ele;
todas as nações o servirão.” (Salmos 72:11)

RESUMO

Atualmente com os diversos tipos de aplicações financeiras, o investidor pode ter dificuldade em qual opção escolher, diante das variações da relação retorno x risco apresentadas por cada modalidade. Especialmente no caso das ações, ativos considerados de alto risco, a composição de um portfólio diversificado possibilita que o investidor tenha maiores chances de obter boa rentabilidade, assim como redução considerável do risco do investimento. Este estudo tem como objetivo utilizar a Análise Envoltória de Dados (DEA) para compor uma carteira eficiente, tendo como base indicadores comumente utilizados em análises fundamentalistas. A metodologia consistiu em coleta de dados junto à bolsa de valores e demais fontes de investimento, seleção das ações eficientes e utilizando o modelo de Markowitz para obter uma carteira com menores riscos e maiores retornos. Os resultados indicaram que, de trinta ações com maior volume de negociação, apenas sete foram considerados eficientes, e o desenvolvimento de duas carteiras com dados de 3 e 12 meses.

Palavras-chave: Análise Envoltória de Dados. Modelo de Markowitz. Otimização. Investimentos. Bolsa de Valores.

ABSTRACT

Currently with the various types of financial investments, the investor may have difficulty in which option to choose, given the variations of the return-risk ratio presented by each modality. Especially in the case of stocks, assets considered high risk, the composition of a diversified portfolio allows the investor to have a better chance of obtaining good profitability, as well as a considerable reduction of investment risk. This study aims to use Data Envelopment Analysis (DEA) to compose an efficient portfolio, based on indicators commonly used in fundamentalist analyzes. The methodology consisted of collecting data from the stock exchange and other sources of investment, selecting efficient stocks and using the Markowitz model to obtain a portfolio with lower risks and higher returns. The results indicated that of the thirty stocks with the highest trading volume, only seven were considered efficient, and the development of two portfolios with data of 3 and 12 months.

Keywords: Data Envelopment Analysis. Markowitz Model. Optimization. Investments. stock Exchange.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Etapas do Trabalho de Lopes(2009).....	26
Figura 2 – Comparativos dos Modelos DEA de Lopes(2009).....	26
Figura 3 – Rentabilidade Mensal Alexandrino(2017).....	27
Figura 4 – Relação dos Riscos Alexandrino(2017).....	27
Figura 5 – Metodologia do Trabalho Proposto.....	28
Figura 6 – Dados para o modelo DEA.....	31
Figura 7 – Resultado do cálculo de eficiência das ações.....	32
Figura 8 – Matriz de covariância de 12 meses.....	32
Figura 9 – Matriz de covariância de 3 meses.....	33
Figura 10 – Porcentagem - Carteira de 12 meses.....	34
Figura 11 – Porcentagem - Carteira de 3 meses.....	34
Figura 12 – Comparação dos rendimentos.....	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Exemplo de dados do modelo DEA.....	22
Tabela 2 – Exemplo de eficiência relativa do modelo DEA.....	22
Tabela 3 – Comparação entre os trabalhos relacionados e o proposto.....	28
Tabela 4 – Matriz de covariância com peso α	33

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DEA	Análise Envoltória de Dados
LPA	Lucro por ação
VPA	Valor patrimonial por ação
ROE	Retorno sobre o Patrimônio
DMU	Decision Making Unit
Ibovespa	Índice Bovespa
IBrX100	Índice Brasil

LISTA DE SÍMBOLOS

Σ	Somatório
\in	Pertence
\forall	Para todo
σ	sigma
α	alpha
μ	mu
\leq	Menor igual
\geq	Maior igual
$<$	Menor que
$>$	Maior que

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
2	OBJETIVOS.....	16
2.1	Objetivo Geral.....	16
2.2	Objetivos Específicos.....	17
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	17
3.1	Mercado de ações.....	17
3.2	Risco e retorno.....	18
3.2.1	<i>Risco diversificável</i>	18
3.2.2	<i>Risco não diversificável</i>	19
3.3	Indicadores.....	19
3.3.1	<i>Indicadores fundamentalistas</i>	19
3.4	Análise envoltória de dados (DEA).....	20
3.4.1	<i>Definição e seleção de DMUs</i>	22
3.4.2	<i>Seleção de variáveis</i>	23
3.4.3	<i>Escolha do modelo</i>	23
3.5	Modelo de Markowitz.....	23
4	TRABALHOS RELACIONADOS.....	25
4.1	Otimização de Carteira de Investimentos: Um Estudo com Ativos do IBOVESPA.....	25
4.2	Otimização de Carteiras Seleccionadas por Análise Envoltória de Dados – DEA.....	25
4.3	Utilização da Análise Envoltória de Dados (DEA) na Composição de Carteira de Investimento Diversificada e Eficiente.....	26
5	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	28
5.1	Selecionar indicadores.....	29
5.2	Coletar dados.....	29
5.2.1	<i>Cotações</i>	29
5.2.2	<i>Indicadores fundamentalistas</i>	29
5.3	Análise envoltória de dados.....	29
5.4	Modelo de markowitz.....	30
5.5	Validar carteira otimizada.....	30
6	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	30
6.1	Coleta dos dados.....	30
6.2	Desenvolvimento e análise dos resultados.....	30
6.3	Comparação.....	35
7	CONSIDERAÇÃO FINAIS.....	36
8	TRABALHOS FUTUROS.....	37
	REFERÊNCIAS.....	39

1 INTRODUÇÃO

A seleção de ativos para formação de carteiras de investimentos no mercado de renda variável é de extrema importância para quem opta por investimentos financeiros de alto risco. A discrepância entre risco e retorno dos investimentos está diretamente relacionada a escolha de ativos que possam garantir maior rentabilidade, ou menor perda em períodos de baixa no mercado financeiro (ROSSETTI, 2007).

Os bancos disponibilizam várias maneiras de aplicar em renda fixa, no entanto a mais procurada é a Caderneta de Poupança, por possuir risco aproximadamente nulo e liquidez imediata. Todavia, apresenta proporcionalmente baixos retornos. Por outro lado, encontram-se os investimentos em renda variável, este não possui rentabilidade pré-estabelecida podendo variar por diversos fatores. Devido a essas variáveis, esses investimentos oferecem maiores riscos e, conseqüentemente, podem oferecer maiores retornos. Diante disso, os investidores optam, em sua grande maioria, por ações na bolsa de valores (MARTINI, 2013).

As ações se constituem em um instrumento de propriedade ou direito aos lucros de uma empresa. O retorno desses ativos está diretamente relacionado ao desempenho da empresa emissora, da própria economia e do mercado acionário, em particular, nos quais eles são transacionados¹. Os investidores, com a finalidade de preservar e aumentar seu capital, almejam utilizar métodos e técnicas que permitam selecionar, de forma mais segura, um conjunto de ativos para compor e diversificar suas carteiras de investimentos.

Na contemporaneidade o mercado vem sofrendo fortes impactos trazidos pelo avanço da tecnologia, o que modificou as relações neste, de forma a quebrar paradigmas antes considerados verdades inquestionáveis, agregando velocidade e dinamismo às operações de mercado (DEBASTIANI, 2008).

Embora ocorra esse impacto, a quantidade de investidores na bolsa de valores brasileira em 2018 é de 633.221, menos de 0,5%, número ainda baixo levando em consideração pouco mais de 207.7 milhões de habitantes². O público alvo deste trabalho são investidores da bolsa de valores que possam utilizar de mais um recurso tecnológico a favor na tomada de decisões no mercado.

Diante desse cenário, é essencial construir ferramentas de análise para auxiliar os investidores na tomada de decisão. O presente estudo visa utilizar um modelo de programação

¹ <https://www.xpi.com.br/investimentos/acoes/o-que-sao-acoes>

² http://www.bmfbovespa.com.br/pt_br/servicos/market-data/consultas/historico-pessoas-fisicas

matemática *Data Envelopment Analysis* (DEA). Esta metodologia foi desenvolvida por Charnes, Cooper e Rhodes em 1978 e consiste em um modelo de programação linear que avalia a eficiência relativa de unidades tomadoras de decisão (DMU's) que utilizam múltiplos insumos na produção de múltiplos produtos. Tendo em vista esses fatos, utilizaremos esse modelo para selecionar de forma otimizada ações da Bolsa de Valores brasileira, objetivando compor uma carteira de investimentos.

O primeiro passo do trabalho consiste em obter e analisar dados financeiros de um conjunto de 30 empresas da BM&FBOVESPA, por meio de determinados indicadores técnicos (Risco, Volatilidade) e fundamentalistas (LPA, VPA, ROE). Logo em seguida, aplicar os dados obtidos dos indicadores no modelo BCC do DEA. Após o retorno das ações mais eficientes, utilizar o modelo de Markowitz para indicar a porcentagem de investimento em cada ação retornada do modelo DEA. Criar uma matriz de covariância com pesos entre uma carteira de 3 meses e 12 meses. Assim como (ALEXANDRINO, 2017), analisar o desempenho da carteira em relação aos índices IBrX100 e Ibovespa, visando obter uma carteira de investimento eficiente e otimizada por meio da diversificação de investimentos.

Este trabalho está organizado da seguinte forma: a Seção 2 apresenta o objetivo geral e os objetivos específicos do trabalho; A Seção 3 apresenta um resumo sobre os conceitos técnicos e teóricos necessários para a realização do trabalho; A Seção 4 contém os trabalhos relacionados. Serão discutidas na seção as propostas dos trabalhos e como eles se assemelham e se diferenciam da proposta aqui apresentada; A Seção 5 mostra a descrição do procedimento metodológico que será realizado no trabalho, contendo todos os passos e o cronograma da execução e a Seção 6 mostra os resultados e por fim, a Seção 7 apresenta as considerações finais.

2 OBJETIVOS

Nesta seção será apresentando o objetivo geral e os objetivos específicos desse trabalho.

2.1 Objetivo Geral

Selecionar ações para compor uma carteira de investimento otimizada na bolsa de valores, utilizando como base o modelo matemático de análise por envoltória de dados - DEA e o modelo de Markowitz.

2.2 Objetivos Específicos

- a) Selecionar os indicadores que servirão como inputs e outputs no estudo.
- b) Obter e analisar dados financeiros de um conjunto específico de empresas, por meio de determinados indicadores.
- c) Obter uma carteira de investimento eficiente e otimizada por meio da diversificação de investimentos utilizando o modelo Markowitz.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo serão apresentados os conceitos utilizados ao longo deste trabalho. Na Seção 3.1 será mostrado o conceito de mercado de ações. A Seção 3.2 abordará conceitos sobre risco e retorno de investimentos. A Seção 3.3 apresentará alguns conceitos de indicadores fundamentalistas do mercado. Na Seção 3.4 está contido os conceitos sobre análise envoltória de dados. Na Seção 3.5 será mostrado o conceito da teoria do portfólio de Markowitz.

3.1 Mercado de Ações

Segundo a BM&FBOVESPA, “Ações são valores mobiliários emitidos por sociedades anônimas representativos de uma parcela do seu capital social. Em outras palavras, são títulos de propriedade que conferem a seus detentores (investidores) a participação na sociedade da empresa.”.

Define-se ação como uma parcela específica de capital de uma sociedade anônima, ou seja, uma fração do ativo. O dono de determinada ação é reconhecido como acionista e é dono da empresa de maneira proporcional à quantidade de ações que possui (ASSAF, 2010).

Uma carteira de investimentos é um grupo de ativos que pertence a um investidor, pessoa física ou pessoa jurídica. Estes ativos podem ser ações, fundos, títulos públicos, debêntures, aplicações imobiliárias, entre outros.

O mercado de ações é muito importante para o desenvolvimento econômico, pois o mesmo produz, processa e distribui capitais para investimento, estimulando a atividade econômica, além de permitir e orientar a estruturação de uma sociedade que participa amplamente na riqueza e nos resultados da economia. O mesmo contribui para melhorar a distribuição de renda, conduzindo as poupanças internas mais para os investimentos e menos para os empréstimos (OLIVEIRA, 1983).

Os acionistas investem seus recursos em determinadas empresas com o objetivo de conseguir retorno financeiro considerável do investimento realizado, portanto, espera que as empresas escolhidas tenham processos eficientes e maximizem seus lucros (ALEXANDRINO, 2017).

Esse mercado tem como participantes as *Bolsas de Valores, Comissão de Valores Mobiliários, Sociedades Corretoras, Investidores, agentes autônomos de investimentos, sociedades distribuidoras, Bancos múltiplos e Companhias de capital aberto*, descreve (PINHEIRO, 2009).

3.2 Risco e Retorno

O principal objetivo do investidor é aumentar seus ganhos, mas é preciso considerar que qualquer investimento gera riscos, quem compra ações também corre riscos, tais como: os negócios da empresa emissora não estejam tão bem; o mercado de ações entre numa fase recessiva; o preço das ações esteja caindo apesar do mercado e da empresa estarem bem. No entanto, mesmo com os riscos as perdas podem ser mínimas nesse mercado caso o investidor se atente na relação dos riscos do investimento. Dois fatores determinam a possibilidade de riscos: a eficiência do mercado e a disposição do investidor, diz (OLIVEIRA, 1983).

Por sua vez, o retorno financeiro pode ser definido como a quantia que o investidor recebe, dentro de determinado período específico, pelo valor investido. Gitman (2004) confirma esse conceito ao dizer que “o retorno é o ganho ou a perda total sofrido por um investimento em certo período”.

Um possível investidor inexperiente poderia vir a aceitar riscos elevados associado a altos retornos, visto que esses dois fatores tendem a ter correlação positiva. Entretanto, a relação entre eles pode ser ajustada de forma mais refinada pela diversificação da carteira, de maneira que o investidor consiga otimizar o retorno trabalhando dentro de faixas de risco mais limitadas (ALEXANDRINO, 2017).

De acordo com Gitman (2004), o risco de uma carteira pode ser formado por duas partes, o risco diversificável e o risco não diversificável.

3.2.1 Risco Diversificável

O risco diversificável também chamado de risco não sistemático) representa a parte do risco de um ativo associado a causas aleatórias e que pode ser eliminada com a diversificação

de carteira. É atribuível a eventos relacionados especificamente à empresa, tais como greves, ações judiciais, decisões de agências reguladoras e perda de um cliente importante (GITMAN, 2004).

3.2.2 Risco não Diversificável

O risco não diversificável (também chamado de risco sistemático) é atribuível a fatores de mercado que afetam todas as empresas e não pode ser eliminado por meio de diversificação. Guerras, inflação, incidentes internacionais e eventos políticos são responsáveis por esse tipo de risco (GITMAN, 2004).

3.3 Indicadores

Nessa seção serão apresentados indicadores fundamentalistas que serão utilizados como DMU's do modelo DEA.

3.3.1 Indicadores Fundamentalistas

Determinados índices de mercado foram criados com o objetivo de possibilitar a análise de desempenho das empresas e respectiva comparação entre elas. Estes são conhecidos como indicadores fundamentalistas e passaram a servir também como um apoio na prática de investimento em ações dessas empresas (SILVA, 2014). Um grande problema visto atualmente no mercado é o investimento sem nenhum embasamento de dados, o que ocasiona uma desistência elevada por meio de investidores. Para Artuso (2012), a composição de carteiras utilizando indicadores fundamentalistas é uma prática que deve ser mais explorada no Brasil.

A volatilidade, de acordo com Ross (2013), pode ser obtida por meio do desvio padrão dos retornos, que por sua vez é a raiz quadrada da diferença entre o retorno real de um determinado ativo ou carteira e seu retorno esperado. Quanto menor o valor desse índice melhor será para a empresa e seus investidores.

O lucro por ação de uma empresa (LPA), conforme Gitman (2004), representa a relação entre a quantidade de unidades monetárias obtidas de lucro em determinado período para cada ação ordinária. O LPA é um importante indicador para os investidores, sejam os atuais ou os potenciais, e também para a administração da empresa. Quanto maior o valor desse índice melhor será para a empresa e seus investidores

O valor patrimonial por ação (VPA), refere-se ao valor da empresa do ponto de vista dos acionistas dividido pelo número de ações emitidas³. Juntamente com o LPA, o Valor Patrimonial por Ação é um indicador que deve ser avaliado pelo seu crescimento.

O retorno do ativo consiste na rentabilidade do mesmo ao longo do tempo e, segundo Gitman (2004), mede a eficácia geral da administração de determinada empresa por meio da relação de lucros gerados e ativos disponíveis. Quanto maior o valor desse índice melhor será para a empresa e seus investidores.

3.4 Análise Envoltória de Dados (DEA)

A Análise Envoltória de Dados ou DEA (Data Envelopment Analysis) é uma abordagem quantitativa e não paramétrica para avaliação de eficiência. Esta é entendida como a relação entre o que foi realizado por uma unidade produtiva (*outputs*) com aquilo que poderia ter sido realizado, dada a mesma disponibilidade de recursos (*inputs*). A literatura atribui às unidades produtivas o termo DMU (Decision Making Unit), e os modelos de DEA estabelecem as melhores relações entre as variáveis de inputs e outputs de um conjunto de DMUs, traçando a chamada fronteira de eficiência e discriminando DMUs eficientes, isto é, aquelas situadas na fronteira das demais DMUs, ditas ineficientes. Neste último caso, a eficiência pode ser atingida reduzindo os recursos e mantendo os produtos constantes, o que se chama de orientação a *inputs*, ou aumentando os produtos e mantendo constantes os recursos, isto é, orientação a *outputs* (COOPER, 2007).

O primeiro modelo de DEA se tornou conhecido como CCR. Charnes (1978) considera retornos constantes de escala entre *inputs* e *outputs*, isto é, alterações nas variáveis de insumo (ou produto) provocam alterações proporcionais nas variáveis de produto (ou insumo), razão pela qual a literatura também apresentá-lo como CRS (Constant Returns to Scale). Sejam I e J os conjuntos das variáveis de input e de output, respectivamente, e K o conjunto das DMUs a serem avaliadas, o modelo CCR com orientação a inputs é formulado em (1)-(5), onde y_i é o peso associado ao input x_{ik} , com $i \in I$, e u_j o peso associado ao output y_{jk} , sendo $j \in J$.

$$\max: 0 = \sum_{j \in J} u_j y_{j0} \quad (1)$$

³ <https://www.bussoladoinvestidor.com.br>

sujeito a

$$\sum_{i \in I} v_i x_{i0} = 1 \quad (2)$$

$$\sum_{j \in J} u_j y_{jk} - \sum_{i \in I} v_i x_{ik} \leq 0, \forall k \in K \quad (3)$$

$$v_j \geq 0, \forall i \in I \quad (4)$$

$$u_j \geq 0, \forall j \in J \quad (5)$$

Banker (1984) apresentaram uma extensão ao CCR que utiliza retornos variáveis de escala. Com esta importante diferença conceitual, o modelo BCC ou VRS (Variable Returns to Scale) possibilita que DMUs que utilizam poucos insumos tenham retornos crescentes de escala e as que operam com altos valores tenham retornos decrescentes (MELLO, 2005).

Tais situações são expressas pela inclusão de uma variável livre na modelagem (u_* na orientação a *inputs* e v_* na orientação a *outputs*) quando esta possui valor negativo, indica retornos decrescentes, quando positiva, denota retornos crescentes, enquanto exprime retornos constantes quando assume valor nulo. A formulação matemática linear do BCC orientado a *inputs* é apresentada em (6)-(10) pela formula:

$$\max: = \sum_{j \in J} u_j y_{j0} + u_* \quad (6)$$

sujeito a

$$\sum_{i \in I} v_i x_{i0} = 1 \quad (7)$$

$$\sum_{j \in J} u_j y_{jk} + u_* - \sum_{i \in I} v_i x_{ik} \leq 0, \forall k \in K \quad (8)$$

$$v_j \geq 0, \forall i \in I \quad (9)$$

$$u_j \geq 0, \forall j \in J \quad (10)$$

Um exemplo da utilização do modelo DEA pode ser visto na Tabela 1.

Tabela 1 – Exemplo de dados do modelo DEA

AÇÃO	LPA
ELET3	6,94
PETR3	2,75
VALE3	4,71
CIEL3	2,09

Fonte: Elaborado pelo autor.

Aqui podemos ver que a ELET3 tem o maior lucro por ação (LPA), enquanto CIEL3 tem o menor lucro por ação (LPA).

Como ELET3 tem 6,94, podemos comparar todas as outras ramificações e calcular sua eficiência relativa em relação a ELET3. Para fazer isso, dividimos a proporção de qualquer ramo por 6,94 (o valor da ELET3) e multiplicamos por 100 para converter em uma porcentagem. Isto dá:

Tabela 2 – Exemplo de eficiência relativa do modelo DEA

AÇÃO	CALCULO	EFICIÊNCIA
ELET3	100 (6,94 / 6,94)	100%
PETR3	100 (2,75 / 6,94)	40%
VALE3	100 (4,71 / 6,94)	68%
CIEL3	100 (2,09 / 6,94)	30%

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os outros ramos não se comparam bem com ELET3, portanto, presumivelmente não estão se saindo bem. Ou seja, elas são relativamente menos eficientes no quesito lucro por ação comprada.

De acordo com Golany B.; ROLL (1989), a metodologia de DEA passa por três etapas:

3.4.1 Definição e seleção de DMUs

O conjunto K deve ser homogêneo e ter a mesma utilização de *inputs* e *outputs*, somente variando em intensidade. Embora não haja uma regra geral, Banker (1984) sugerem que o número de DMUs deve ser pelo menos três vezes o número de variáveis, enquanto Cook W. D.; TONE (2014) propõem que seja pelo menos duas vezes o número de variáveis.

3.4.2 Seleção de Variáveis

Um grande número de variáveis pode fazer com que muitas DMUs se localizem na fronteira, o que reduz o poder discriminatório de DEA. Deve-se, portanto, encontrar um equilíbrio entre o total de variáveis $|I|+|J|e|K|$. Para isto, podem ser empregadas técnicas estatísticas e de multicritério.

3.4.3 Escolha do Modelo

Cook W. D.; TONE (2014) reúnem uma série de recomendações a serem observadas nesta etapa, passando por questões como dimensionamento, orientação e utilização de dados absolutos ou relativos. De acordo com (DYSON R. G.; ALLEN, 2001), quando as variáveis são índices, percentuais, proporções ou taxas, definidos no intervalo $[0,1]$, deve-se utilizar o modelo BCC, posto que o cálculo dos alvos pelo modelo CCR pode levar a valores superiores a 1 (100%), o que é um equívoco na ordem prática.

3.5 Modelo de Markowitz

Na década de 50, Harry Markowitz estava realizando seu doutorado na Universidade de Chicago, quando um corretor de ações lhe sugeriu pesquisar técnicas para analisar investimentos. Essa sugestão pode ser considerada o impulso necessário para o início do desenvolvimento da teoria do portfólio (ALEXANDRINO, 2017).

Alexandrino (2017) explica que como consequência das pesquisas realizadas em 1952, Markowitz desenvolveu um estudo seminal, intitulado “Portfolio Selection”, sobre otimização de carteiras de investimento. Nesse modelo, que pretende gerar a máxima eficiência de uma carteira de investimentos a partir da diversificação, o autor menciona a provável existência de uma carteira de ações que maximiza o retorno e minimiza a variância, sendo que esta depende da covariância entre os pares de ativos, enquanto aquele depende também da correlação dos ativos.

Através desse estudo, Markowitz (1952) buscava responder à seguinte pergunta: existe a possibilidade de minimizar o risco do investidor para determinado risco de ganho? A partir da resposta seria possível desenvolver técnicas para analisar a diversificação de carteiras, o que de acordo com Alexandrino (2017) era feito sem qualquer embasamento, apenas por convicção.

Assaf (2010) contribui com a Teoria Moderna de Portfólio ao afirmar que “um aspecto relevante da teoria do portfólio é que o risco de um ativo mantido fora de uma carteira

é diferente de seu risco quando incluído na carteira”, uma vez que o risco de uma carteira é a combinação do risco individual dos ativos que a compõem e a correlação entre eles, de maneira que ativos que possuem correlação negativa reduzem o risco da carteira.

A principal contribuição de Markowitz de acordo com a literatura foi “relacionar o retorno e o risco de cada carteira de títulos, considerando um infinito número de combinações possíveis que poderiam compor uma carteira e, a partir disso, traçar a curva do conjunto de suas eficientes combinações” (ALEXANDRINO, 2017). A partir desse momento, vários estudos mostraram que, “se um investidor deseja auferir o melhor retorno possível para seu investimento, deve levar em consideração esses conceitos e aplicá-los na escolha de seus investimentos” (OLIVEIRA, 1983).

Markowitz (1952) afirma que, para determinado investimento, deve existir uma carteira que maximize o retorno esperado e minimize a variância, sendo essa carteira indicada ao potencial investidor. Para isso ele propôs um método em que podem ser calculados simultaneamente: o retorno esperado da carteira, através do somatório do produto entre a participação (w_a) e o retorno esperado (μ_a) de cada ativo ($\sum_a w_a \mu_a$) e a variância da mesma, através do somatório do produto entre as participações de cada par de ativos ($w_a w_b$) e a covariância (σ_{ab}) entre eles ($\sum_a \sum_b w_a w_b \sigma_{ab}$).

O modelo de Markowitz é apresentado em (11)-(14). Pelas equações (11) e (12), respectivamente, são calculados o retorno esperado e a variância do investimento, ao passo que a expressão (13) representa a distribuição do capital entre os ativos que formam o portfólio. Finalmente, a restrição (14) implica que as variáveis não são negativas.

$$E = \sum_a w_a \mu_a \quad (11)$$

$$V = \sum_a \sum_b w_a w_b \sigma_{ab} \quad (12)$$

$$\sum_a w_a = 1 \quad (13)$$

$$w_a \geq 0 \quad (14)$$

Onde:

E : Retorno esperado da carteira

V : Variância da carteira

w_a : Participação do ativo

μ_a : Retorno esperado do ativo

σ_{ab} : Covariância entre os ativos a e b

Por meio da diversificação da carteira proposta pelo modelo, a variância obtida será inferior à variância média dos ativos individuais. Ao fixar um determinado nível de rentabilidade desejada pelo investidor, o modelo calcula a participação dos ativos de tal forma que sejam escolhidos aqueles com menor covariância entre si, minimizando o risco do investimento.

4 TRABALHOS RELACIONADOS

Nessa seção serão brevemente apresentados alguns trabalhos relacionados que serviram de embasamento para a construção deste.

4.1 Otimização de Carteira de Investimentos: Um Estudo com Ativos do IBOVESPA

Souza (2017) faz um estudo com base no modelo de Markowitz visando obter uma carteira otimizada afim de maximizar a relação risco e retorno. O estudo foi feito no período de Janeiro a Abril de 2016 com índices da Bovespa. Além disso, identificando a participação percentual de cada ativo na composição da carteira; e, posteriormente, comparando a performance da carteira criada com a performance do índice Bovespa antes e depois da criação desta.

Nesse estudo foi utilizado o Solver, ferramenta do Excel para cálculos de otimização, o modelo de Data Envelopment Analysis (DEA), e Value at Risk (VaR). Os dados das ações foram coletados da BM&FBOVESPA, com um total de 59 ativos analisados para o estudo.

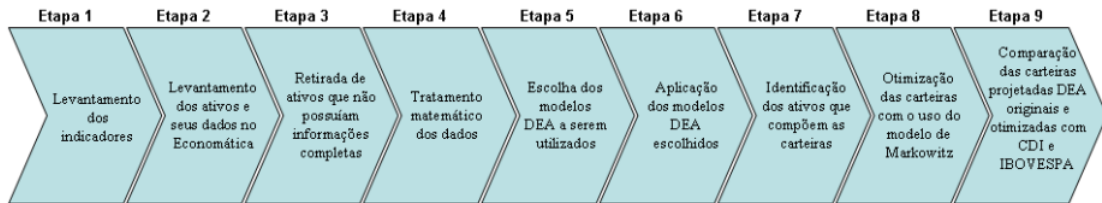
O método VaR *“representa uma estimativa da perda potencial máxima, em termos monetários, de uma determinada carteira de investimento, por um determinado período de tempo e com um grau de confiança”* (SILVA, 2014). Souza (2017) utiliza os modelos DEA e o modelo Markowitz, o que assemelha a esse trabalho, porém não utiliza uma variação da carteira baseado em pesos.

4.2 Otimização de Carteiras Seleccionadas por Análise Envolvória de Dados – DEA

Lopes (2009) utiliza o modelo DEA para fazer a seleção otimizada de ativos, realizando uma investigação da eficiência do modelo de Markowitz, verificando se este gera retornos maiores que carteiras de ativos obtidas somente com DEA. Para atender esse objetivo foram projetadas carteiras mensais para 36 meses, iniciando em Janeiro de 2006 e finalizando em

Dezembro de 2008, utilizando indicadores fundamentalistas como *inputs* e *outputs* do modelo DEA. Veja a Figura 1 onde apresenta os passos do trabalho.

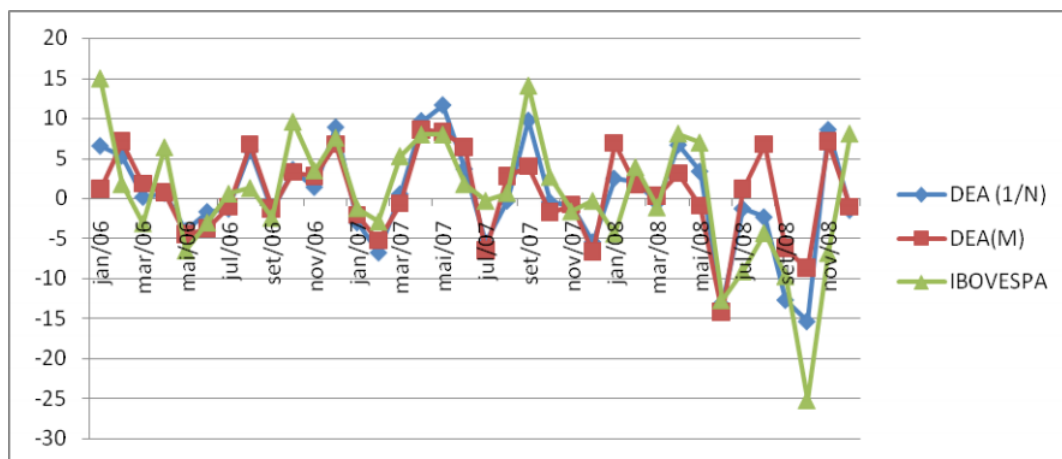
Figura 1 – Etapas do Trabalho



Fonte: Lopes (2009)

No estudo foram utilizados o modelo *Assurance Region*, que depois foi otimizado gerando outra carteira DEA. Ao comparar as carteiras DEA com o IBOVESPA, chegou-se a conclusão que as carteiras otimizadas alcançaram melhor desempenho que as carteiras DEA originais e IBOVESPA. Ou seja, os ativos que foram selecionados junto com o modelo de Markowitz obtiveram melhores resultados. Na Figura 2 apresenta as rentabilidades mensais dos modelos DEA e DEA Otimizado (DEA(M) comparados com o IBOVESPA(%) – 2006 a 2008.

Figura 2 – Comparativo dos Modelos DEA



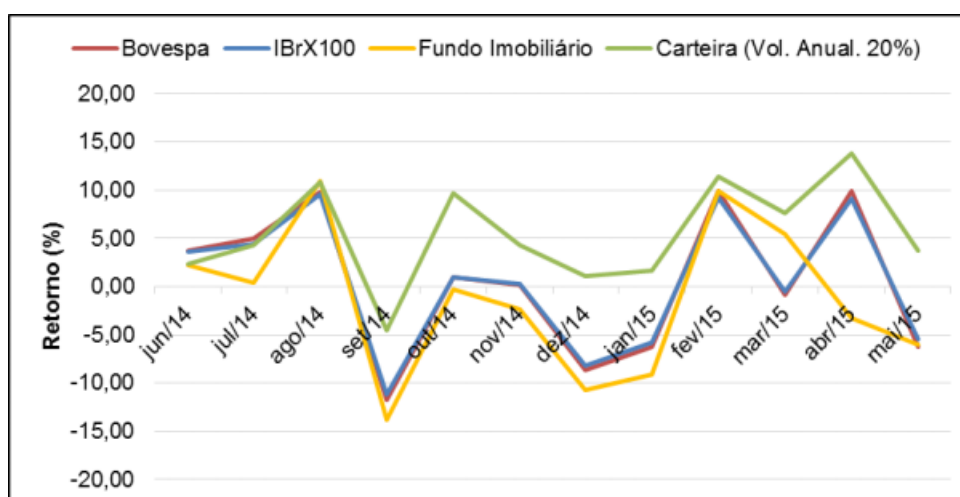
Fonte: Lopes (2009)

Lopes (2009) utiliza os modelos DEA e o modelo Markowitz, o que assemelha a esse trabalho, porém o mesmo faz um estudo comparativos de modelos DEA o que não é feito no presente estudo.

4.3 Utilização da Análise Envoltória de Dados (DEA) na Composição de Carteira de Investimento Diversificada e Eficiente

Alexandrino (2017) emprega a Análise Envoltória de Dados (DEA) para compor uma carteira eficiente, sob a ótica de indicadores comumente utilizados em análises fundamentalistas. A metodologia consistiu em coleta de dados junto à bolsa de valores e demais fontes de investimento, seleção das ações eficientes e otimização da carteira resultante, usando para isto o modelo de Markowitz. Os resultados indicaram que, dos cem títulos com maior volume de negociação, apenas dez foram considerados eficientes, e a carteira formada por eles obteve desempenho superior aos dos índices Ibovespa e IBrX100. Na Figura 3 é apresentado a rentabilidade mensal dos investimentos.

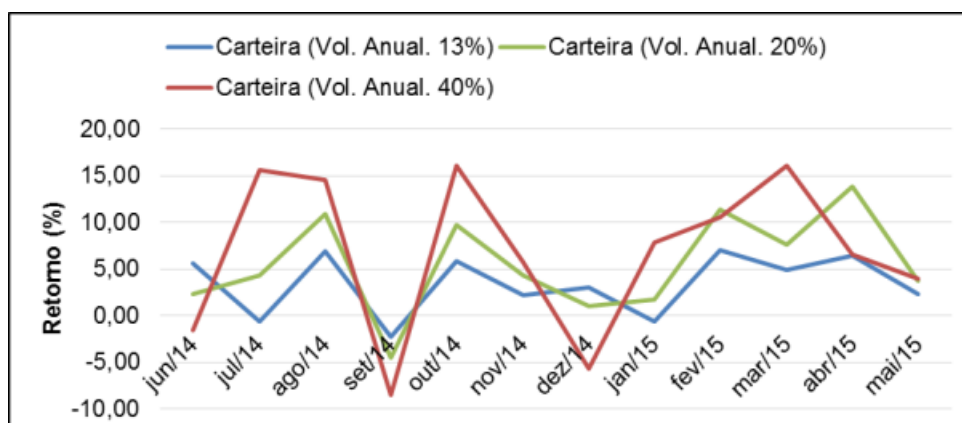
Figura 3 – Rentabilidade Mensal



Fonte: Alexandrino (2017)

Foi possível concluir que a diversificação de portfólio de ações é uma opção viável e satisfatória em relação aos demais tipos de investimentos disponíveis para o investidor, possibilitando assim que o mesmo tenha condições de escolher uma carteira de investimento eficiente e otimizar a relação retorno x risco. Na figura 4 é apresentado a estratégia da relação dos riscos.

Figura 4 – Relação dos Riscos



Fonte: Alexandrino (2017)

Alguns pontos semelhantes do trabalho de Alexandrino (2017) foi o fato de também utilizar os modelos DEA e o modelo Markowitz, porém não utiliza uma variação da carteira baseado em pesos.

Tabela 3 – Comparação entre os trabalhos relacionados e o proposto

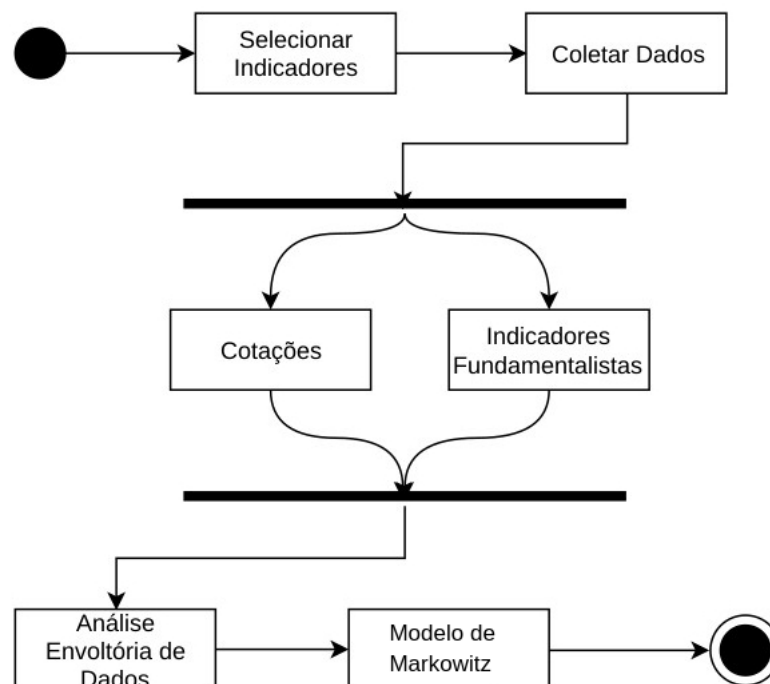
	Souza et al. (2017)	Lopes et al. (2009)	Alexandrino et al. (2017)	Trabalho proposto
Data Envelopment Analysis	Sim	Sim	Sim	Sim
Modelo de Markowitz	Sim	Sim	Sim	Sim
Comparação de modelos DEA	Não	Sim	Não	Não
Relação risco e retorno	Sim	Não	Sim	Sim

Fonte: Elaborado pelo autor.

5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A Figura 5 apresenta o fluxograma referente a todos os procedimentos deste trabalho. Neste capítulo, serão descritos todos os procedimentos encontrados no fluxograma.

Figura 5 – Metodologia do trabalho proposto



Fonte: Elaborado pelo autor.

5.1 Selecionar Indicadores

O primeiro passo para iniciar o desenvolvimento do trabalho é a escolha de quais indicadores serão utilizados. Alguns pontos serão levados em consideração para essa escolha. Esses indicadores servirão para definir os *inputs* das DMUs que irão servir de entrada para o modelo DEA.

5.2 Coletar Dados

Nessa etapa foi coletado os dados dos ativos através do site da UOL⁴ e ADVFN⁵, pois os mesmos possuem os dados necessários para essa etapa do processo. Desses dados, foram utilizados o período de Maio de 2017 à Maio de 2018 como base para montarmos o modelo, e o período de Junho de 2018 à Novembro de 2018 como validação do modelo.

⁴ <https://economia.uol.com.br>

⁵ <https://br.advfn.com/>

5.2.1 Cotações

Através do site UOL, foram coletadas as informações sobre cotações de todas as 30 ações no período de Maio de 2017 à Novembro de 2018. Além disso, os dados foram utilizados para calcular a Volatilidade e o Risco de cada ativo.

5.2.2 Indicadores Fundamentalistas

Os indicadores fundamentalistas Lucro por ação (LPA), Valor patrimonial por ação (VPA) e o Retorno sobre o Patrimônio (ROE), foram obtidos através do site ADVFN. Os dados coletados foram do período de 2017.

5.3 Análise Envoltória de Dados

De acordo com Alexandrino (2017) o modelo DEA mais adequado seria o BCC já que é orientado a *inputs*, permitindo retornos variáveis de escala e minimização do risco. Tal decisão ganha embasamento em relação ao modelo CCR, já que deve ser adotada apenas quando todas as DMUs operam em escala ótima, o que não ocorre diante da ineficiência do mercado de capitais brasileiro (ARTUSO, 2012). Após serem recolhidos os indicadores fundamentalistas e os dados de histórico de cotações, os ativos foram repassados para o modelo BBC, a fim de calcular a eficiência dos mesmos. Após essa etapa, o modelo retorna as ações mais eficientes variando de 0 a 1. As que possuem valores iguais a 1.0, significam que obtiveram máxima eficiência, e essas utilizadas no modelo de Markowitz.

5.4 Modelo de Markowitz

O modelo de Markowitz foi utilizado para a diversificação de investimento na etapa de otimização da carteira, evitando aplicar em ativos com forte correlação positiva, como no caso de empresas do mesmo setor da economia de cada ativo selecionado pelo modelo DEA. Assim, obteremos uma carteira otimizada com redução dos riscos. Além disso, a utilização de um peso α variando de 0 a 1, onde 0 é a covariância de 3 meses e 1 a covariância de 12 meses. Pode-se assim, optar em compor carteiras com pesos em relação a data de análise.

5.5 Validar Carteira Otimizada

Por fim, na etapa de validação da carteira os índices IBrX100 e Ibovespa foram utilizados para comparar os retornos obtidos no período de tempo do presente estudo, podendo assim indicar qual obteve melhor desempenho. Com isso, poderemos inferir que, dado o espaço de tempo da coleta dos ativos, se a utilização do modelo DEA juntamente com o modelo de Markowitz podem gerar uma carteira com maiores retornos.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo são apresentados e discutidos os resultados obtidos através da execução deste trabalho

6.1 Coleta dos Dados

Todos os dados foram previamente coletados, e foram utilizados nos dois modelos. O período de tempo da coleta dos dados foram do dia 2 de Maio de 2017 à 2 de Maio de 2018. Através do site ADVFN foi possível obter os dados fundamentalistas que foram utilizados no modelo DEA.

6.2 Desenvolvimento e Análise dos Resultados

O modelo BCC foi implementado no software SIAD⁶. O SIAD utiliza o algoritmo Simplex para resolver modelos de DEA com até 100 DMUs e 20 variáveis (ANGULO-MEZA et al., 2005). A Figura 6 mostra os *inputs* e *outputs* utilizados no modelo DEA.

⁶ <http://www.uff.br/decisao/>

Figura 6 – Dados para o modelo DEA

POSIÇÃO	AÇÃO	Input		Output		Output
		VOL	RISCO	VPA	LPA	ROE
1	ABEV3	0,1613268047	0,01016263345	2,93	0,47	15,94%
2	BBAS3	0,4003108604	0,0252172139	30,55	3,8	12,43%
3	BBDC3	0,3265913403	0,02057332064	18,08	2,4	13,27%
4	BBSE3	0,2475970137	0,0155971458	4,45	2,02	45,50%
5	BRML3	0,3112883214	0,01960932106	11,64	-0,91	-7,84%
6	CCRO3	0,3343824693	0,02106411563	4,04	0,89	21,94%
7	CIEL3	0,2785832662	0,01754909624	4,31	1,49	34,66%
8	CMIG3	0,4141429591	0,02608855422	11,38	0,8	6,99%
9	CPLE3	0,3209574106	0,02021841643	55,57	3,78	6,80%
10	CSNA3	0,5065876174	0,03191202031	5,06	0,01	0,15%
11	ELET3	0,6640099335	0,0418286941	31,3	-1,3	-4,17%
12	GGBR3	0,382984722	0,02412576977	13,75	-0,21	-1,52%
13	GOAU3	0,3969635168	0,02500635107	8,64	-0,21	-2,40%
14	GOLL4	0,5543634802	0,03492161678	-1,12	0,01	-0,55%
15	HYPE3	0,2464599358	0,01552551663	12,24	1,53	12,47%
16	ITSA3	0,2725167625	0,01716694242	6,95	1,12	16,18%
17	ITUB3	0,2302835838	0,01450650223	19,66	3,23	16,43%
18	JBSS3	0,6654186326	0,0419174338	8,9	0,2	2,20%
19	KROT3	0,34274419	0,02159085453	9,27	1,15	12,38%
20	LAME3	0,3011403656	0,01897005993	2,89	0,15	5,14%
21	LREN3	0,3057347248	0,01925947735	4,52	1,03	22,73%
22	MGLU3	6,683399264	0,4210145801	10,88	2,04	18,76%
23	PETR3	0,3339079184	0,02103422174	20,24	-0,03	-0,17%
24	RAIL3	0,423268378	0,02666340157	4,97	-0,17	-3,36%
25	TIMP3	0,2503478248	0,01577043061	7,5	0,51	6,80%
26	UGPA3	0,212745203	0,01340168809	16,63	2,83	17,02%
27	USIM3	0,32087599	0,02021328741	10,99	0,19	1,69%
28	VALE3	0,3067781333	0,01932520591	27,2	3,34	12,26%
29	VIVT3	0,2549275908	0,01605892875	41,08	2,73	6,64%
30	VVAR3	6,709548292	0,4226618141	2,15	0,15	7,03%

Fonte: Elaborado pelo autor.

A Figura 7 mostra o cálculo das eficiências para todas as 30 ações, das quais 7 foram eficientes. São elas : ABEV3 - Setor de Bebidas, BBAS3 - Setor Financeiro, BBSE3 - Setor de Previdência e Seguros, CPLE3 - Setor de Energia, ITUB3 - Setor Financeiro, UGPA3 - Setor *Holdings* Diversificadas e VIVT3 - Setor de Telefonia Fixa.

Figura 7 – Resultado do cálculo de eficiência das ações

RESULTADO		
	AÇÃO	DEA
1	ABEV3	1.000.000
2	BBAS3	1.000.000
3	BBSE3	1.000.000
4	CPLE3	1.000.000
5	ITUB3	1.000.000
6	UGPA3	1.000.000
7	VIVT3	1.000.000
	VALE3	812.077
	CIEL3	780.026
	HYPE3	770.981
	TIMP3	689.198
	ITSA3	645.976
	BBDC3	644.139
	PETR3	610.338
	LREN3	606.766
	BRML3	586.905
	USIM3	564.399
	CCRO3	542.931
	LAME3	535.720
	KROT3	526.289
	GGBR3	490.551
	GOAU3	441.694
	CMIG3	439.604
	RAIL3	392.970
	ELET3	347.785
	CSNA3	328.774
	GOLL4	291.013
	JBSS3	264.456
	MGLU3	29.829
	VVAR3	24.044

Fonte: Elaborado pelo autor.

Após obter as ações eficientes no período analisado, foi utilizado o modelo de Markowitz para obter a porcentagem de cada ação na carteira. Foram desenvolvida duas carteiras, uma com o período de 12 meses e outra com os últimos 3 meses. Foi utilizado a biblioteca *Financial Portfolio Optimization* em Python que realiza o cálculo do modelo.

Figura 8 – Matriz de covariância de 12 meses

MATRIZ DE COVARIANCIA DE 12 MESES							
	ABEV3	BBAS3	BBSE3	CPLE3	ITUB3	UGPA3	VIVT3
ABEV3	0,000104	0,000065	0,000045	0,00006	0,000052	0,000043	0,000009
BBAS3	0,000065	0,000639	0,000098	0,000108	0,000125	0,000098	0,00008
BBSE3	0,000045	0,000098	0,000244	0,000116	0,000123	0,000085	0,000058
CPLE3	0,00006	0,000108	0,000116	0,00041	0,000151	0,000058	0,000064
ITUB3	0,000052	0,000125	0,000123	0,000151	0,000211	0,000075	0,00007
UGPA3	0,000043	0,000098	0,000085	0,000058	0,000075	0,00018	0,000045
VIVT3	0,000009	0,00008	0,000058	0,000064	0,00007	0,000045	0,000259

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 9 – Matriz de covariância de 3 meses

MATRIZ DE COVARIANCIA DE 3 MESES							
	ABEV3	BBAS3	BBSE3	CPLE3	ITUB3	UGPA3	VIVT3
ABEV3	0,000135	0,000071	0,000044	0,000052	0,000041	0,00002	0,000014
BBAS3	0,000071	0,000344	0,000116	0,000156	0,000159	0,000094	0,000062
BBSE3	0,000044	0,000116	0,000219	0,000015	0,000063	0,000061	0,000052
CPLE3	0,000052	0,000156	0,000015	0,000264	0,000095	0,000037	0,00005
ITUB3	0,000041	0,000159	0,000063	0,000095	0,000217	0,000053	0,000075
UGPA3	0,00002	0,000094	0,000061	0,000037	0,000053	0,000147	0,000034
VIVT3	0,000014	0,000062	0,000052	0,00005	0,000075	0,000034	0,000259

Fonte: Elaborado pelo autor.

Além disso, foi criada uma matriz alpha, que pode ser vista na Tabela 4, onde o valor de α varia entre 0 e 1. Baseando nas matrizes de covariância de 12 (Figura 8) e 3 meses (Figura 9), a fim de impor pesos para escolha dos 2 modelos.

Tabela 4 – Matriz de covariância com peso α

ABEV3	$\alpha * M12[0,0] + (1-\alpha) * M3[0,0]$...	$\alpha * M12[0,6] + (1-\alpha) * M3[0,6]$
BBAS3	$\alpha * M12[1,0] + (1-\alpha) * M3[1,0]$...	$\alpha * M12[1,6] + (1-\alpha) * M3[1,6]$
...			
...			
VIVT3	$\alpha * M12[6,0] + (1-\alpha) * M3[6,0]$...	$\alpha * M12[6,6] + (1-\alpha) * M3[6,6]$

Fonte: Elaborado pelo autor.

Onde:

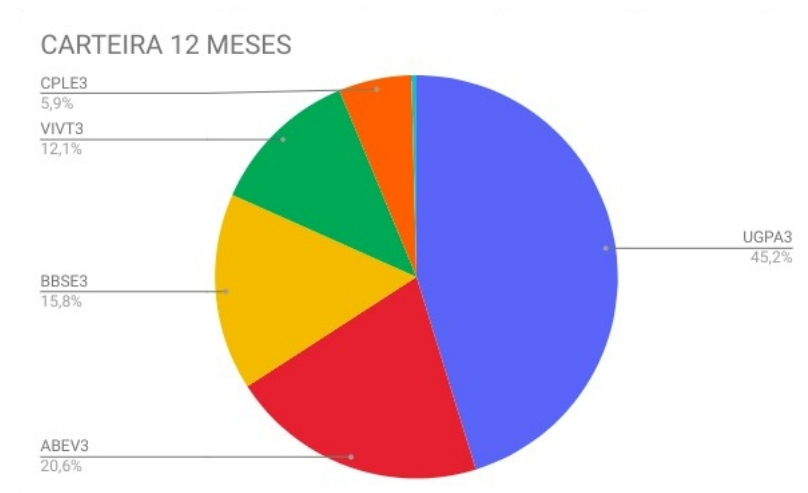
α : Valor alpha variando de 0 a 1

M12 : Matriz de covariância de 12 meses

M3 : Matriz de covariância de 3 meses

A Figura 10 mostra as porcentagens que o modelo Markowitz retornou para cada ação no modelo de 12 meses:

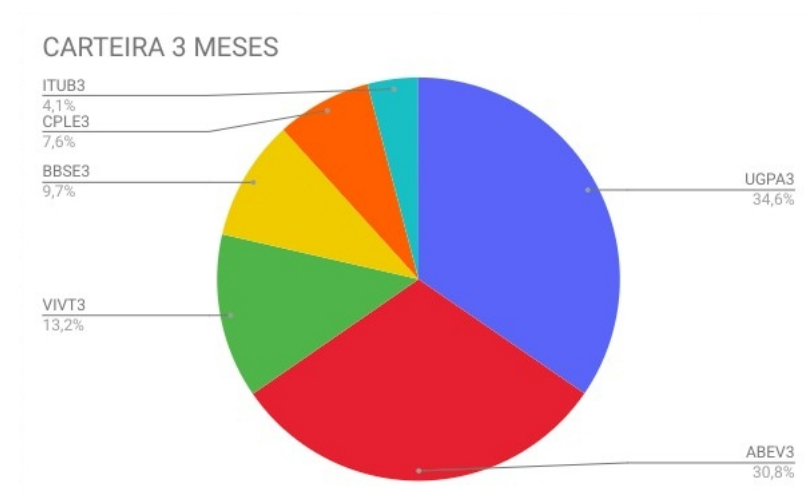
Figura 10 – Porcentagem - Carteira 12 meses



Fonte: Elaborado pelo autor.

A Figura 11 mostra as porcentagens que o modelo Markowitz retornou para cada ação no modelo de 3 meses:

Figura 11 – Porcentagem - Carteira 3 meses



Fonte: Elaborado pelo autor.

A ação UGPA3 no modelo de 12 meses ocupou quase metade da carteira, o que muda em relação ao período mais curto de 3 meses, onde dividiu espaço com a ação ABEV3. Além disso a ação VIVT3 obteve mais porcentagem do que a ação BBSE3 na carteira de 3 meses. Nota-se o surgimento da ação ITUB3 com pouco mais de 4%, que antes não chegava a ser considerada na carteira de 12 meses.

6.3 Comparação

Nessa etapa foi comparado o rendimento das carteiras de 12 e 3 meses com os índices IBrX100 e Ibovespa no período de Junho a Novembro de 2018. A Figura 11 representa a comparação dos rendimentos.

Figura 12 – Comparação dos rendimentos



Fonte: Elaborado pelo autor.

Nos 3 primeiros meses os índices IBrX100 e Ibovespa obtiveram quase o mesmo rendimento, porém as duas carteiras tiveram rendimentos negativos. No mês de Setembro de 2018 as duas carteiras obtiveram desempenho superior aos dois índices, inclusive tendo rendimento positivo, porém no mês de Outubro de 2018 ficaram bem abaixo dos outros índices. Por fim, no mês de Novembro de 2018 a carteira de 12 meses obteve o melhor desempenho, embora tenham quase se igualado. O índice Ibovespa foi o que possuiu a maior variância durante o período de análise. A comparação foi feita apenas no rendimento baseado no valor do ativo. Não foi considerado o pagamento de dividendos das ações escolhidas para compor as carteiras. Ao aplicar a média geométrica no rendimento dos períodos, temos: IBrX100(0,0085), o Ibovespa(0,0081), carteira 3 meses(-0,0213) e a carteira de 12 meses(-0,0229).

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse trabalho teve como objetivo analisar e obter uma carteira de investimento otimizado por meio da utilização da análise envoltória de dados (DEA) e a teoria do portfólio de Markowitz. Também apresentou uma comparação de 2 carteiras em relação aos índices IBrX100 e Ibovespa. Foi desenvolvido uma matriz α , a fim de ser utilizado por diferentes perfis, a curto (3 meses) e longo prazo (12 meses). A carteira fez-se eficiente com a participação de sete ativos no período de Maio de 2017 à Maio de 2018 e validada no período de Junho de 2018 a Novembro de 2018: ABEV3, BBAS3, BBSE3, CPLE3, ITUB3, UGPA3 e VIVT3.

Verificou-se que as carteiras de 12 e 3 meses apenas superaram o índice Ibovespa no mês de Setembro, e a carteira de 12 meses que ficou acima das demais no mês de Novembro. A utilização de DEA permitiu que diversos indicadores comumente auferidos em análises fundamentalistas fossem considerados simultaneamente. De acordo com os resultados obtidos, foi possível determinar uma carteira de investimentos com risco limitado e retorno considerável. Como apontam alguns estudos da literatura, esta metodologia binível entre DEA para seleção dos ativos e o modelo de Markowitz para o computo das participações no período analisado tende a encontrar carteiras com bom desempenho.

Talvez uma das causas das carteiras não terem em média sido tão eficientes em relação aos índices, tenha sido por conta do período eleitoral na etapa de validação da mesma. Sabemos que o mercado tende a variar bastante com influência política e se torna bastante especulativo por conta disso.

Na fase de coleta de dados ocorreram alguns problemas, um deles foi a obtenção de alguns indicadores fundamentalistas. Isso teve um forte impacto no número de ações analisadas devido parte da coleta ter sido feita manualmente, o que resultou em um número pequeno de ações. Além disso, a escolha de apenas ações com 100% de eficiência pode ter impacto no modelo de Markowitz, devido o mesmo muitas vezes selecionar ações com menor variância para compor a carteira.

8 TRABALHOS FUTUROS

Como trabalhos futuros seria interessante utilizar mais ações no cálculo de eficiência. Além disso, analisar carteiras formadas a partir de outros indicadores, podendo incluir também indicadores técnicos na análise. Também comparar os resultados obtidos por diferentes composições de indicadores, a fim de obter se é possível que exista a relação do indicador ao uso de curto, médio e longo prazo. Seria interessante analisar dados de períodos maiores, a fim de obter mais confiabilidade nos resultados, e tentar validar a carteira em períodos diferentes, onde não tenha influência eleitoral. Poderia ser feito um comparativo entre a utilização de ativos com menos de 100% de eficiência do modelo DEA.

REFERÊNCIAS

- ALEXANDRINO, F. Q. L. Utilização da análise envoltória de dados (dea) na composição de carteira de investimento diversificada e eficiente. **SBPO**, 2017.
- ARTUSO, A. R. e. A. Identificação de fatores relevantes e construção de portfólio diversificado no mercado acionário brasileiro. [S.l.]: **Revista Produção Online**, 2012. (Identificação de fatores relevantes e construção de portfólio diversificado no mercado acionário brasileiro).
- ASSAF, N. A. **Finanças corporativas e valor** . 5. ed. [S.l.]: São Paulo: Editora Atlas, 2010. (Finanças corporativas e valor).
- BANKER, R. D. e. a. **Some models for estimating technical scale inefficiencies in data envelopment analysis**. 30. ed. [S.l.: s.n.], 1984. p. 1078–1092.
- CHARNES, A. e. a. **Measuring the efficiency of decision-making units**. 2. ed. [S.l.: s.n.], 1978. p. 429–444.
- COOK W. D.; TONE, K. Z. J. e. a. **Data envelopment analysis: Prior to choosing a model**. 44. ed. [S.l.: s.n.], 2014. p. 1–4.
- COOPER, W. W. e. A. **Data envelopment analysis**. 2. ed. [S.l.: s.n.], 2007.
- DEBASTIANI, C. A. **Análise Técnica de Ações** : Identificando Oportunidades de Compra e Venda . [S.l.]: NOVATEC EDITORA LTDA, 2008. (Análise Técnica de Ações : Identificando Oportunidades de Compra e Venda). ISBN 9788575221532.
- DYSON R. G.; ALLEN, R. C. A. S. P. V. V. S. C. S. S. E. A. **Pitfalls and protocols in DEA**. 132. ed. [S.l.: s.n.], 2001. p. 245–259.
- GITMAN, L. J. **Princípios da administração financeira**. 10. ed. [S.l.]: São Paulo: Editora Atlas, 2004. (Princípios da administração financeira).
- GOLANY B.; ROLL, Y. **An Application Procedure for DEA**. 17. ed. [S.l.: s.n.], 1989. p. 237–250.
- LOPES, e. a. Otimização de carteiras selecionadas por análise envoltória de dados – dea. **SBPO**, 2009.
- MARKOWITZ, H. M. **Portfolio selection**. **Journal of Finance**, [S.l: s.n], 1952 p. 77–91.
- MARTINI, M. F. G. Renda fixa versus renda variável: uma análise descritiva entre as rentabilidades dos investimentos. *Revista On-Line IPOG*, **Revista On-Line IPOG**, Goiânia, GO - BR, v. 1, n. 5, jul 2013, p. 50–58.
- MELLO, J. C. C. B. e. a. Soares de. **Curso de Análise de Envoltória de Dados** . [S.l.: s.n.], 2005. p. 2520–2547.
- OLIVEIRA, M. D. B. d. **Introdução ao mercado de ações** : O que é, para que serve, sua

importância. [S.l.]: Cnbv, 1983. (Introdução ao mercado de ações : O que é, para que serve, sua importância).

PINHEIRO, J. L. **Mercado de capitais: fundamentos e técnicas**. 6. ed. [S.l.]: São Paulo: Editora Atlas, 2009. (Mercado de capitais: fundamentos e técnicas).

ROSS, S. A. e. a. **Fundamentos da Administração Financeiras**. 9. ed. [S.l.: s.n.], 2013.

ROSSETTI, N. **Análise das volatilidades dos mercados brasileiros de renda fixa e renda variável**. Dissertação (Dissertação de Mestrado) — Universidade de São Paulo, 2007.

SILVA, P. M. S. e. A. Linear Programming Applied to Finance - Building a Great Portfolio Investment. [S.l.]: **Revista de Gestão, Finanças e Contabilidade**, 2014. (Linear Programming Applied to Finance - Building a Great Portfolio Investment).

SOUZA, E. A. **Otimização de carteira de investimentos: Um estudo com ativos do ibovespa**. SBPO, 2017