



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

**João Luiz Marinho Campos**

**OTIMIZAÇÃO DE PORTIFOLIO DE AÇÕES DO AGRONEGÓCIO LISTADAS NA  
BOLSA DE VALORES DE SÃO PAULO**

Brasília-DF, dezembro de 2019

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

**OTIMIZAÇÃO DE PORTIFOLIO DE AÇÕES DO AGRONEGÓCIO LISTADAS NA  
BOLSA DE VALORES DE SÃO PAULO.**

**João Luiz Marinho Campos**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação  
apresentado ao Departamento de Engenharia  
Florestal da Universidade de Brasília, como  
parte das exigências para obtenção do título de  
Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Humberto Angelo

Brasília-DF, dezembro de 2019

## RESUMO

O processo de investir em determinado ativo envolve algumas etapas imprescindíveis para o sucesso da operação, sendo elas basicamente os estudos sobre o mercado e o ativo, a seleção dos ativos e a alocação dos recursos nos ativos selecionados. Essa última etapa leva em consideração os riscos de cada ativo, onde normalmente os ativos de maior risco tem um maior retorno e os de menor risco um menor retorno, entretanto afim de buscar a melhor relação risco-retorno é possível otimizar essa alocação de maneira que em alguns casos seja possível um menor risco e um maior retorno. Esse trabalho apresenta um exercício pratico de otimização da alocação em um portfólio de ações formado por empresas do agronegócio listadas na Bolsa de Valores de São Paulo, a B3. A aplicação dos princípios do modelo de Markowitz na formulação de um problema de pesquisa operacional proporcionou uma redução no risco da carteira e um aumento do retorno obtido o que comprova a eficiência da sua utilização na otimização de portfólios.

**Palavras-Chave:** Otimização de portfólio. Mercado Financeiro. Empresas Florestais.

## ABSTRACT

The process of investing in a particular asset involves some essential steps for the success of the operation, which are basically market and asset studies, asset selection and resource allocation in selected assets. This last step takes into consideration the risks of each asset, where usually the higher risk assets have a higher return and the lower risk ones a lower return. However, in order to seek the best risk-return ratio, it is possible to optimize this allocation so that in some cases lower risk and higher return are possible. This paper presents a practical exercise in optimizing the allocation in a portfolio of stocks formed by companies in agribusiness listed on the Brazilian Stock Exchange, B3. The application of the Markowitz model principles in the formulation of an operational research problem provided a reduction in portfolio risk and an increase in the return obtained, which proves the efficiency of its use in portfolio optimization.

**Keywords:** Portfolio optimization. Financial market. Forestry Companies.

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Empresas participantes do portfólio .....	21
<b>Tabela 2</b> - Dados iniciais e variação de cada ativo nos últimos 20 trimestres de outubro de 2014 a setembro de 2019 .....	28
<b>Tabela 3</b> - Alocação dos ativos com distribuição igualitária.....	29
<b>Tabela 4</b> - Matriz de covariâncias e variâncias entre os pares de ativos que compõem a carteira de investimentos .....	30
<b>Tabela 5</b> - Resultado do retorno esperado e a variância da carteira no cenário não otimizado .....	31
<b>Tabela 6</b> - Alocação dos ativos com distribuição ótima .....	32
<b>Tabela 7</b> - Resultado do retorno esperado e a variância da carteira no cenário ótimo, sem restrição de alocação mínima .....	32
<b>Tabela 8</b> - Resultado do retorno esperado e a variância da carteira no cenário ótimo, sem restrição de alocação mínima .....	33

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1</b> - Número de investidores no mercado de ações no período de outubro 2014 a setembro de 2019.....	10
<b>Gráfico 2</b> - Evolução do Consumo Aparente Brasileiro de Painéis de Madeira em 1.000 m <sup>3</sup> no período de 2008 a 2018 .....	11
<b>Gráfico 3</b> - Evolução da Produção Brasileira de Celulose em 1.000 toneladas no período de 2008 a 2018 .....	12
<b>Gráfico 4</b> - Gráfico das cotações históricas de KLBN3 no período de outubro de 2014 a setembro de 2019.....	23
<b>Gráfico 5</b> - Gráfico das cotações históricas de FRTA3 no período de outubro de 2014 a setembro de 2019.....	23
<b>Gráfico 6</b> - Gráfico das cotações históricas de EUCA3 no período de outubro de 2014 a setembro de 2019.....	24
<b>Gráfico 7</b> - Gráfico das cotações históricas de DTEX3 no período de outubro de 2014 a setembro de 2019.....	24
<b>Gráfico 8</b> - Gráfico das cotações históricas de SLCE3 no período de outubro de 2014 a setembro de 2019.....	24
<b>Gráfico 9</b> - Gráfico das cotações históricas de AGRO3 no período de outubro de 2014 a setembro de 2019.....	25
<b>Gráfico 10</b> - Gráfico das cotações históricas de RANI3 no período de outubro de 2014 a setembro de 2019.....	25
<b>Gráfico 11</b> - Gráfico das cotações históricas de MSPA3 no período de outubro de 2014 a setembro de 2019.....	25
<b>Gráfico 12</b> - Gráfico das cotações históricas de SUZB3 no período de novembro de 2017 a setembro de 2019.....	26
<b>Gráfico 13</b> - Gráfico das cotações históricas de NUTR3 no período de novembro de 2017 a setembro de 2019.....	26
<b>Gráfico 14</b> - Gráfico das cotações históricas de JBSS3 no período de novembro de 2017 a setembro de 2019.....	26
<b>Gráfico 15</b> - Gráfico das cotações históricas de BEEF3 no período de novembro de 2017 a setembro de 2019.....	27

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>8</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>10</b>
<b>2.1 O Mercado de Ações .....</b>	<b>10</b>
<b>2.2 O Setor Florestal na Bolsa de Valores .....</b>	<b>10</b>
<b>2.3 Otimização .....</b>	<b>12</b>
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>13</b>
<b>3.1 As Ações das Empresas .....</b>	<b>13</b>
3.1.1 Klabin S/A.....	13
3.1.2 Suzano S/A.....	13
3.1.3 Duratex S/A.....	13
3.1.4 Eucatex S/A.....	14
3.1.5 Celulose Irani S.A. ....	14
3.1.6 Cia Melhoramentos de São Paulo .....	15
3.1.7 BrasilAgro S/A.....	15
3.1.8 JBS .....	16
3.1.9 Minerva Foods S/A .....	16
3.1.10 Nutriplant Indústria e Comércio S/A .....	16
3.1.11 Pomi Frutas S/A .....	17
3.1.12 SLC Agrícola S/A .....	17
<b>3.2 Variáveis .....</b>	<b>17</b>
<b>3.3 Da Otimização .....</b>	<b>17</b>
<b>3.4 Seleção da Carteira .....</b>	<b>20</b>
<b>3.5 Dados.....</b>	<b>21</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>23</b>
<b>4.1 Evolução das Ações Estudadas .....</b>	<b>23</b>
<b>4.2 Carteira Otimizada.....</b>	<b>27</b>
<b>5 Limitações do estudo .....</b>	<b>34</b>
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>35</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>36</b>
<b>APÊNDICE A - Fluxograma da Metodologia Aplicada na execução do trabalho.....</b>	<b>39</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil por muito tempo teve uma economia com altos juros onde a segurança da poupança e a rentabilidade dos títulos do governo proporcionavam uma boa rentabilidade e baixíssimo risco, possibilitando viver de renda sem grandes preocupações e sem muito esforço na seleção dos investimentos. Entretanto com as quedas de juros no ambiente global e melhorias econômicas internas que estão ocorrendo, os juros no Brasil tem chegado a níveis nunca antes vistos e em um cenário futuro com a continuidade das reformas políticas, avanço da tecnologia, recuperação e desenvolvimento da economia é possível chegar a taxas de juros muito baixas ou até mesmo negativas como já ocorre em economias desenvolvidas como o Japão.

Essa mudança no cenário econômico provoca a necessidade de mudança no perfil dos investimentos, uma vez que as aplicações convencionais em renda fixa deixam de ter um retorno muito atrativo, em especial a poupança que é a forma de investimento mais comum e conhecida dos brasileiros. Fazendo com que as pessoas tenham que tomar mais risco ao investir a fim de ter maiores retornos (LEITE; NASCIMENTO, 2019).

Com essa nova realidade que tende a ser cada vez mais comum é necessário migrar parte dos investimentos para renda variável e fim de se obter melhores retornos sobre o capital investido e manter as taxas de retorno positivas e acima da inflação.

O risco de um investimento está relacionado a possibilidade de ganhar menos do que o esperado. Dentro do mercado financeiro, pode-se dividir o risco em duas categorias básicas: risco sistêmico e risco não-sistêmico. O primeiro tipo de risco pode ser classificado como um risco passível de ser evitado, uma vez que é um risco específico de um determinado ativo. Já o risco não-sistêmico é aquele risco que afeta o mercado como um todo, o qual não é possível ter controle sobre ele (DAMODARAN, 1996).

O mercado financeiro é uma das alternativas, em especial por meio das operações de compra e venda de ações, onde é possível se tornar socio de inúmeras empresas. A bolsa de valores brasileira ainda está em processo de expansão, possui 389 empresas listadas ao todo e possui uma posição de destaque no mercado de bolsas global (B3 BRASIL BOLSA BALCÃO, 2019).

De acordo com Assaf Neto (2001), as ações não possuem um prazo específico de resgate, o que permite os investidores, realizarem o resgate a qualquer momento que desejarem, e modificarem suas posições ao longo do tempo. A partir do momento que são adquiridas, os acionistas passam a ser sócios da empresa e a participar dos resultados da companhia uma vez



que uma fração do capital social da empresa Sociedade Anônima (S.A.) é simbolizado pela ação.

O Setor Florestal está representado no setor de materiais básico, nos segmentos de papel e celulose com 5 empresas listadas, sendo elas: CELULOSE IRANI S.A., CIA MELHORAMENTOS DE SAO PAULO, KLABIN S.A., SANTHER FAB DE PAPEL STA THEREZINHA S.A. e SUZANO S.A. Já no segmento de madeira existem apenas duas empresas listadas: DURATEX S.A. e EUCATEX S.A. INDUSTRIA E COMERCIO.

O setor de árvores plantadas possui grande relevância na economia e conta com um Produto Interno Bruto (PIB) setorial com uma participação de 86.6 bilhões, que representa 1,3% do PIB brasileiro de 2018, segundo o relatório anual de 2019 publicado pela Indústria Brasileira de Árvores (ibá). Dados que demonstram a importância e o potencial da produção florestal brasileira (IBÁ, 2019).

Entender o comportamento do mercado sempre foi objeto de estudo de economistas, matemáticos, agentes financeiros e consultorias, como o passar dos anos diversas ferramentas e metodologias foram desenvolvidas e modelos matemáticos foram propostos. Até o momento o mercado continua sendo um mistério e objeto de estudos e discussões, dado a sua complexidade e seus múltiplos produtos e modalidades de investimentos.

O presente trabalho aborda o mercado de ações. Em especial busca: otimizar um portfólio de ações do agronegócio e setor florestal e aplicar o modelo de Markowitz para a construção desta carteira.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

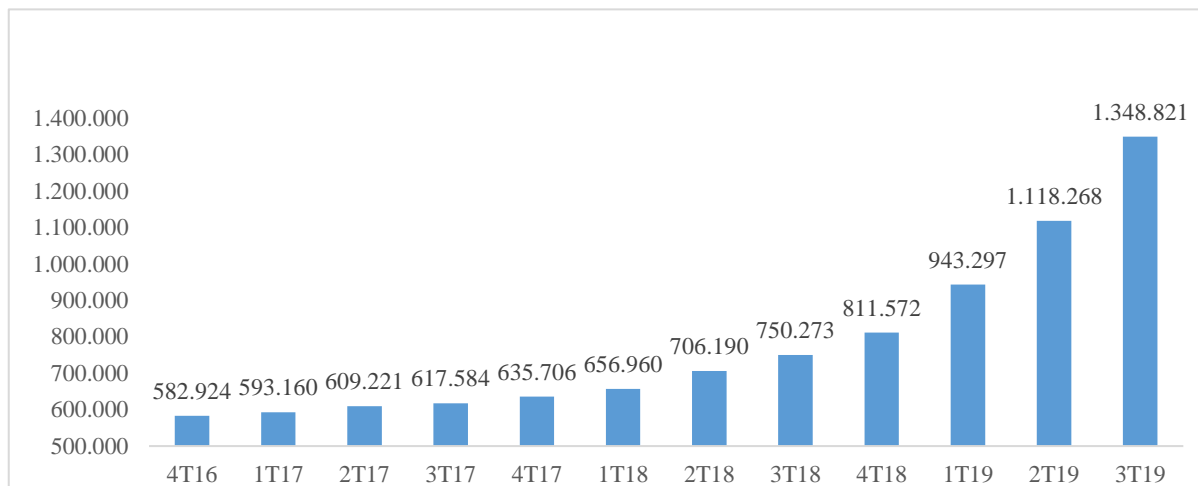
### 2.1 O Mercado de Ações

As ações são instrumentos que permitem a participação na sociedade da empresa, aos investidores que as possuem. Elas são emitidas com a finalidade principal de captar recursos para desenvolver projetos de crescimento e expansão.

As ações podem ser de dois tipos, ordinárias ou preferenciais, sendo que a principal diferença é que as ordinárias dão ao seu detentor direito de voto nas assembleias de acionistas e as preferenciais permitem o recebimento de dividendos em valor superior ao das ações ordinárias, bem como a prioridade no recebimento de reembolso do capital (B3 BRASIL BOLSA BALCÃO, 2019).

O Investimento em ações possui algumas características que os tornam atrativos, são algumas delas: potencial de boa rentabilidade no longo prazo; recebimentos de dividendos periodicamente; acesso ao mercado com baixa quantia; liberdade de comprar ou vender suas ações quando desejar. Características essas que junto com a melhora econômica e maior acesso à informação tem contribuído para o aumento de investidores na Bolsa de Valores.

**Gráfico 1** - Número de investidores no mercado de ações no período de outubro 2014 a setembro de 2019



Fonte: RI B3 (2019), adaptado pelo autor.

### 2.2 O Setor Florestal na Bolsa de Valores

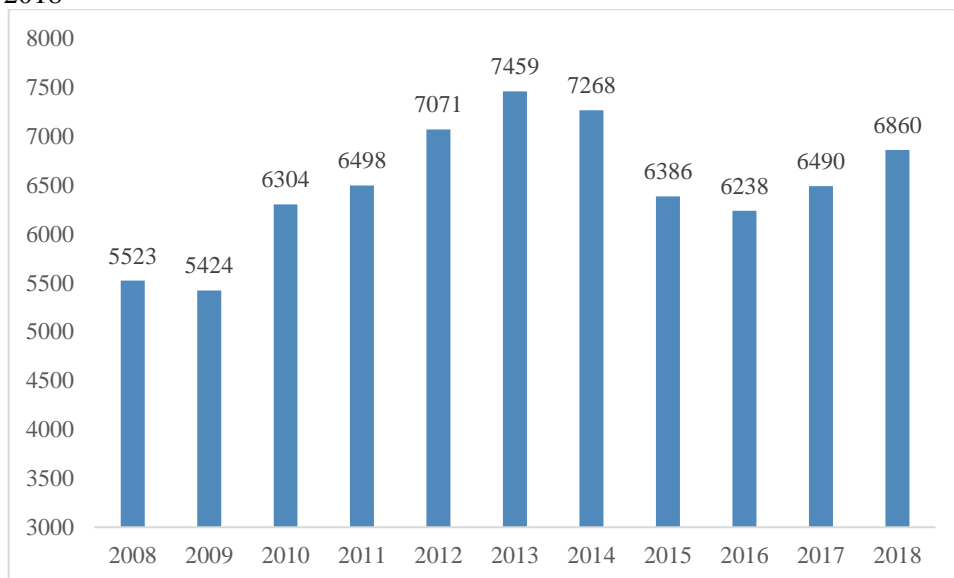
A Representatividade do setor florestal na Bolsa de Valores está distribuída basicamente em dois grandes grupos de empresas no setor de florestas plantadas. O primeiro são as indústrias de comércio e produção de madeira., representado pela Eucatex e Duratex. O Segundo grupo

está no mercado de Papel e Celulose representado atualmente por Suzano, Klabin, Celulose Irani e Cia Melhoramentos de São Paulo.

Segundo os dados do último relatório anual da Indústria Brasileira de Árvores (ibá) o setor de floresta plantadas impulsiona a economia nacional com um Produto Interno Bruto (PIB) setorial em 2018 de R\$ 86,6 bilhões, representando 1,3% do PIB brasileiro e 6,9% do PIB industrial. O saldo da balança comercial foi recorde de US\$ 11,4 bilhões. O ano de 2018 foi marcado por etapas importantes da consolidação do setor, com a fusão da Suzano com a Fibria, criando a maior empresa de celulose de mercado do mundo. Essa e outras mudanças que têm ocorrido no setor fortalecem ainda mais a posição do Brasil no mercado global de florestas plantadas, além de incentivar o desenvolvimento sustentável e excelência operacional.

Abaixo é possível observar os dados do consumo aparente do mercado brasileiro de painéis de madeira nos últimos 10 anos que apresentou um crescimento expressivo de 2009 a 2013 e mais recentemente após uma redução em 2015, volta a crescer a partir de 2016 e segue a tendência até os últimos dados disponíveis.

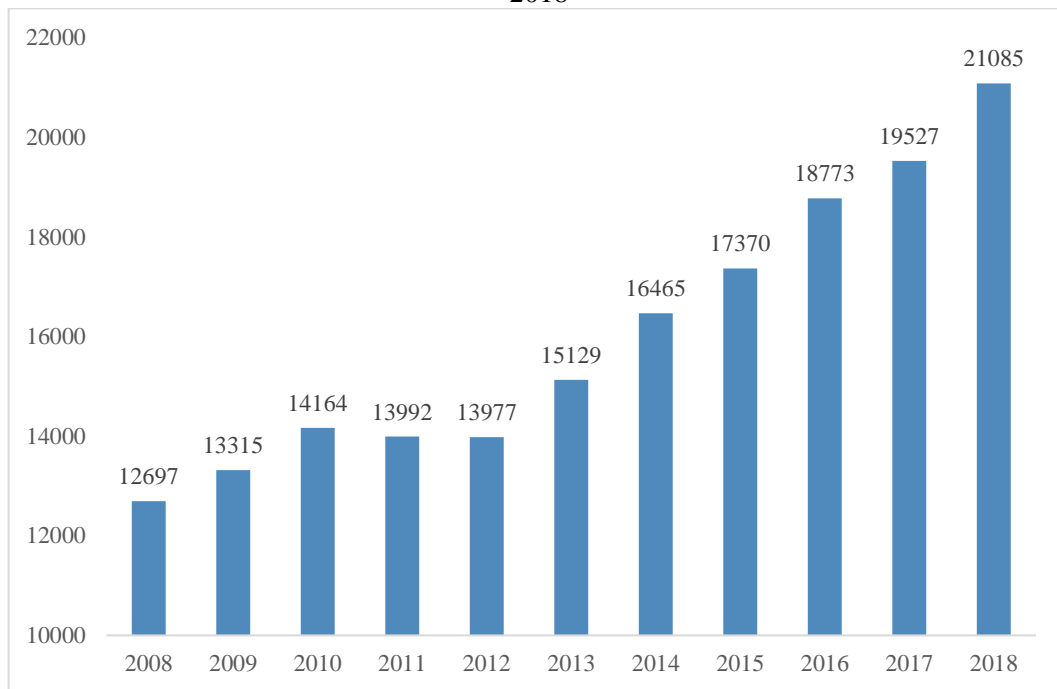
**Gráfico 2** - Evolução do Consumo Aparente Brasileiro de Painéis de Madeira em 1.000 m<sup>3</sup> no período de 2008 a 2018



Fonte: Ibá (2019), adaptado pelo autor.

Nesse outro gráfico apresentado também no último relatório da ibá, é possível observar o salto da produção brasileira de celulose no período de 2008 a 2018, que tem mantido o crescimento constante nos últimos anos demonstrando o potencial do Brasil em assumir a liderança global no setor, atualmente o Brasil é o segundo colocado.

**Gráfico 3** - Evolução da Produção Brasileira de Celulose em 1.000 toneladas no período de 2008 a 2018



Fonte: Ibá (2019), adaptado pelo autor.

### 2.3 Otimização

Um conflito comum no mercado de capitais é sobre a capacidade de se superar constantemente os benchmarks, diversas pesquisas verificam o potencial de otimização de carteiras como meio de obtenção de retornos superiores a estratégias passivas. A grande maioria dos trabalhos apresentados demonstra as vantagens das estratégias de diversificação no aspecto risco do portfólio, entretanto um número bem menor de estudos afirma que a gestão ativa não é capaz de superar os benchmarks do mercado.

Analisando a performance dos portfólios selecionados com base no modelo de média-variância proposto por Markowitz e as demais variações propostas, comparado com o portfólio ingenuamente composto (1/N), onde os ativos são distribuídos com o mesmo peso, segundo os estudos de De Miguel, Garlappi e Uppal (2009) não superaram os valores de retorno da carteira 1/N onde uma das conclusões dos autores foi que explorar informações sobre as características transversais dos ativos além da estatística puramente pode ser uma direção promissora a seguir. E segundo, a diversificação de 1/N serve como um parâmetro básico de referência para avaliar o desempenho de uma estratégia específica para otimizar alocação de ativos.

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 As Ações das Empresas**

##### **3.1.1 Klabin S/A**

Empresa Brasileira de Base Florestal. Produtora de Papéis e Cartões Para Embalagens. Embalagens de Papelão Ondulado e Sacos Industriais. Além de Ser Recicladora e Produtora de Toras Para Serrarias.

O Grupo Klabin teve os negócios iniciados em 1889 e atualmente conta com 19 unidades industriais sendo 18 no Brasil e 1 na Argentina empregando mais de 19 mil colaboradores diretos e indiretos. Atua em 4 unidades de negócio: Florestal, Celulose, Papéis e Embalagens (KLABIN, 2019).

No terceiro trimestre de 2019 a empresa apresentou uma receita de venda de embalagens de R\$787 milhões, o volume de vendas de cartões foi superior a 191 mil toneladas e o EBITDA ajustado foi de R\$1.396 bilhões, aumento de 12% em relação ao mesmo período de 2018 (KLABIN, 2019).

##### **3.1.2 Suzano S/A**

###### **Indústria e Comércio de Papel e Celulose**

Atua no mercado de insumos para indústria de base renovável principalmente no segmento de celulose e papel de eucalipto, atendendo 86 países com um portfólio amplo e diversificado. Especialistas no plantio de eucalipto melhorado com biotecnologia sempre atentos as melhores práticas de manejo, contribuindo para a manutenção da fertilidade e proteção contra erosão e degradação. Após a fusão com a Fibria finalizada em 2019, possui 11 unidades industriais que juntas produzem anualmente 10,9 milhões de toneladas de celulose (SUZANO, 2019).

O último balanço disponibilizado no site da companhia trouxe como destaque um aumento de vendas, queda de estoques e geração de caixa. O EBITDA ajustado fechou em R\$2,4 bilhões, a geração de caixa operacional foi de R\$1,5 bilhão e queda nos estoques de celulose foi de 450 mil toneladas (SUZANO, 2019).

##### **3.1.3 Duratex S/A**

### Fabricação. Comércio. Importação e Exportação de Produtos Derivados de Madeira de Produtos de Metais e Materiais Cerâmicos

Fundada em 1951, já como empresa de capital aberto, iniciou-se a produção de chapas de fibra de madeira na fábrica em Jundiaí (SP). No início enfrentou uma certa resistência do mercado, mas depois passou a ser sinônimo de confiança pelo mercado, o que resultou nos aumentos das vendas e diversificação dos negócios entrando também no ramo de produção de rações a base de trigo e futuramente inaugurou uma nova linha de produção de pintura Duraplac. Nos anos seguintes foram incorporadas outras três companhias, Deca S.A., Válvulas Hydra S.A. e Companhia Cerâmica Jundiaense aumentando ainda mais a diversificação de negócios da companhia. A empresa realizou ainda a aquisição da Satipel em 2009 criando a maior indústria de painéis de madeira do Hemisfério Sul e mais recentemente, no ano de 2019, realizou a compra da Cecrisa, aumentando seu portfólio de revestimentos cerâmicos (DURATEX, 2019).

Os destaques da empresa no último balanço apresentado foram: o lucro líquido recorrente de R\$ 119,2 milhões, de janeiro a setembro de 2019; o EBITDA Ajustado e Recorrente foi de R\$ 237,9 milhões, com margem EBITDA de 18,2%; geração de caixa de R\$ 147,9 milhões e início do processo de construção da nova divisão de Celulose Solúvel (DURATEX, 2019).

#### 3.1.4 Eucatex S/A

##### Indústria e Comércio de Chapas de Fibra de Madeira

O Grupo é um dos maiores produtores de pisos, divisórias, portas, painéis MDP e MDF, chapas de fibras de madeira e tintas e vernizes do Brasil. Realiza exportações para 40 países e conta com seis fabricas distribuídas no interior de São Paulo e no estado de Pernambuco. Atua no mercado de construção civil, indústria moveleira e revenda de madeira. Sempre atenta ao meio ambiente foi a pioneira, na América Latina, em instalar uma linha de Reciclagem de Madeira e possui a certificação FSC® a mais de 20 anos (EUCATEX, 2019).

Os destaques do balanço do terceiro trimestre de 2019 do grupo Eucatex mostraram uma receita líquida de R\$398,7 milhões, um EBITDA recorrente de R\$74,6 milhões com margem de 18,7% e um lucro recorrente de R\$15,6 milhões (EUCATEX, 2019).

#### 3.1.5 Celulose Irani S.A.

### Fabricação de Papel Para Embalagem. Embalagens de Papelão Ondulado e Resinas

Possui mais de 45 mil hectares de área com florestas plantadas de Pinus, distribuídas 64% no meio oeste catarinense e 36% no litoral médio e norte do Rio Grande do Sul. As Unidades Florestais têm o objetivo de suprir a demanda de madeira para a produção de celulose, energia, madeira e resina utilizada na produção de breu e terebintina na região Sul (IRANI, 2019).

No release de resultados do terceiro trimestre de 2019 a empresa teve uma receita líquida de R\$238,9 milhões, EBITDA de R\$50,4 milhões e uma posição de caixa de R\$80,7 milhões (IRANI, 2019).

### 3.1.6 Cia Melhoramentos de São Paulo

#### Materiais Básicos / Madeira e Papel / Papel e Celulose

A Melhoramentos Florestal possui três unidades de manejo que juntas totalizam 17.650 hectares presentes nos estados de São Paulo e Minas Gerais. A companhia planta pinus e eucalipto que abastecem a própria indústria de Fibras de Celulose de Alto Rendimento. A companhia investe anualmente 9 milhões em reflorestamento e realiza plantios desde sua fundação e mantém uma área de preservação da flora e fauna de 5 mil hectares (MELHORAMENTOS, 2019).

Nos resultados do 3T2019 a receita operacional líquida consolidada quando comparada ao 3T18, foi inferior em R\$ 3.797 mil. Devido à retração do mercado de papel e celulose, houve redução no faturamento da Melhoramentos Florestal em 18,5%. Os Custos dos Produtos Vendidos foram inferiores em R\$ 1.298 mil devido ao menor volume de vendas da Melhoramentos Florestal (MELHORAMENTOS, 2019).

### 3.1.7 BrasilAgro S/A

A BrasilAgro é uma empresa brasileira com atuação na aquisição, desenvolvimento, exploração e comercialização de propriedades rurais com aptidão agropecuária. Por meio da implantação de culturas de maior valor agregado, investimentos em infraestrutura e tecnologia a empresa agrega maior valor as terras adquiridas e ao atingir o valor de esperado, as propriedades são vendidas a fim de realizar o ganho de capital (BRASILAGRO, 2019).

Teve como destaque do último trimestre de 2019, apresentado no site de relações com investidores da empresa, uma receita líquida de R\$589,8 milhões, lucro líquido de R\$177,1 milhões e proposta de distribuição de R\$50,0 milhões em dividendos (BRASILAGRO, 2019).

### 3.1.8 JBS

Com mais de seis décadas de história, a JBS é uma das líderes globais da indústria de alimentos e conta com mais de 230 mil colaboradores no mundo. A companhia, presente em 16 países e possui um diversificado portfólio de produtos, com marcas reconhecidas em todo o mundo. A companhia também atua em setores relacionados com o seu negócio principal como couros, biodiesel, colágeno, sabonetes, glicerina e envoltórios para embutidos, bem como possui negócios de gestão de resíduos, embalagens metálicas e transportes, que suportam toda a sua operação (JBS, 2019).

O desempenho no terceiro trimestre de 2019 apresentou uma receita líquida de R\$8,5 bilhões, um EBITDA de R\$719,00 milhões no período e um aumento no fluxo de caixa operacional de 40,4% no 3T19 atingindo R\$6,1 bilhões (JBS, 2019).

### 3.1.9 Minerva Foods S/A

A Minerva Foods possui atualmente capacidade diária de abate de 26.380 cabeças de gado e de desossa equivalentes a 28.366 cabeças de gado. Presente no Brasil, no Paraguai, na Argentina, no Uruguai e na Colômbia, a Minerva opera 25 plantas de abate e desossa e três plantas de processamento. A receita líquida da Minerva alcançou R\$4,5 bilhões no terceiro trimestre de 2019, EBITDA do 3T19 atingiu R\$454,5 milhões e obteve um lucro líquido de R\$93,4 milhões, ajustado pelos efeitos não-caixa e antes da apuração do Imposto de Renda e Contribuição Social (MINERVA FOODS, 2019).

### 3.1.10 Nutriplant Indústria e Comércio S/A

A Nutriplant Indústria e Comércio S.A. atua no desenvolvimento e produção de FTE (micronutrientes de solo) e Micronutrientes Foliare de alta tecnologia no Brasil desde 1970. A Companhia busca manter parcerias junto às principais universidades e centros de pesquisas agrônomicas do Brasil com objetivo de fomentar a pesquisa e o desenvolvimento de novas aplicações e formas de uso de micronutrientes. Nos primeiros nove meses do ano de 2019 a



receita líquida atinge R\$ 46,7 milhões, EBITDA de R\$ 3,0 milhões no 9M19 e Lucro bruto atinge R\$ 7,0 milhões (NUTRIPLANT, 2019).

#### 3.1.11 Pomi Frutas S/A

A Pomi Frutas produz e comercializa maçãs in natura e processadas, sendo pioneira nesse negócio no Brasil. A empresa está localizada em Santa Catarina, na cidade de Fraiburgo, que conta com clima ideal para a cultura da maçã. Entretanto a Companhia apresentou o Pedido de Recuperação Judicial em 25 de janeiro de 2018 e está desde então se reorganizando para quitar as dívidas e retomar as atividades (POMIFRUTAS, 2019).

#### 3.1.12 SLC Agrícola S/A

A SLC Agrícola, fundada em 1977 pelo Grupo SLC, é uma das maiores produtoras mundiais de grãos e fibras, focada na produção de algodão, soja e milho. Foi uma das primeiras empresas do setor a ter ações negociadas em Bolsa de Valores no mundo, tornando-se uma referência no seu segmento. O modelo de negócio possui um sistema de produção moderno, com alta escala e com tecnologia de ponta. O EBITDA Ajustado no terceiro trimestre de 2019 foi de R\$161 milhões, o lucro líquido acumulado para os nove primeiros meses de 2019 é de R\$226,4 milhões e possui um portfólio de terras avaliado em R\$3,8 bilhões (SLS AGRICOLA, 2019).

### **3.2 Variáveis**

Para a realização do estudo foram obtidas as cotações diárias das ações selecionadas por meio da plataforma do Yahoo Finanças, onde foi utilizado o preço de fechamento das ações ajustado para dividendos e desdobramentos das ações das empresas para o cálculo do retorno trimestral. O retorno em porcentagem do trimestre foi calculado como sendo o preço do último dia útil do mês final do semestre dividido pelo preço do primeiro dia útil do semestre no período de outubro de 2014 a setembro de 2019 menos 1 e multiplicado por 100 para obter o valor em porcentagem.

### **3.3 Da Otimização**

O conjunto de ativos, sejam eles ações, imóveis, projetos de investimentos, entre outros, é definido como carteira de ativos ou portfólio e tem como princípio a redução do risco por meio da diversificação eficiente do capital alocado nas diferentes possibilidades de investimentos (ASSAF NETO; LIMA, 2009).

A teoria empregada para otimizar a carteira de ações do setor florestal foi o modelo desenvolvido por Markowitz (1952), conhecido como Modern Portfolio Theory (MPT), onde é possível aumentar a rentabilidade do ativo para o mesmo valor do risco ou minimizar o risco para mesma rentabilidade por meio da diversificação de ativos na carteira de investimentos.

Harry Markowitz (1952) demonstra a fronteira eficiente como um conjunto de carteiras balanceadas entre risco e retorno. Onde o maior nível de retorno possível possui um risco associado ou para o menor risco possível existe um nível de retorno esperado. Um método que define a variância de uma carteira de ativos como o somatório das variâncias individuais e a covariância entre os pares de ações da carteira, conforme o peso alocado em cada ação. De acordo com Markowitz o investidor deve buscar a carteira de ações que maximiza o retorno e minimiza a variância sempre que possível.

O Modelo de Markowitz leva em consideração algumas suposições com relação a postura dos investidores (REILY; NORTON, 2008), dentre elas:

- I – As alternativas de investimento são representadas pela distribuição de probabilidade e retornos esperados para determinado período;
- II – O risco da carteira é estimado com base na variabilidade dos retornos esperados;
- III – Retorno esperado e risco são as únicas variáveis na decisão dos investidores;
- IV – A aptidão ao risco é mensurada conforme o retorno esperado pelo investidor;

Para a formulação do modelo matemático Markowitz, a rentabilidade de cada ativo é considerada uma variável aleatória e a carteira é formada pela combinação ponderada dos ativos. Sendo assim o retorno da carteira é calculado como sendo o somatório do produto do retorno de cada ativo vezes o peso desse ativo na carteira. Dado que o retorno é uma variável aleatória, existe um valor esperado e uma variância. A fórmula do retorno é dada por:

$$E = \sum_{i=1}^n X_i \mu_i \quad (1)$$

Onde:

- E: Retorno esperado da carteira;
- $n$ : número de ativos;
- $X_i$ : peso do ativo  $i$  na composição da carteira; e,

- $\mu_i$ : retorno esperado de cada ativo.

Oposto do retorno esperado, o risco do portfólio não é obtido simplesmente pela média ponderada dos riscos de cada ativo presente na carteira, e sim por meio de uma função que correlaciona as variâncias individuais de cada ativo. Sendo assim a variância de carteiras formada por diferentes ativos é dada por:

$$V = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n X_i X_j \sigma_{ij} \quad (2)$$

Onde:

- V: variância da carteira;
- n: número de ativos;
- $X_i$ : peso do ativo  $i$  na composição da carteira;
- $X_j$ : peso do ativo  $j$  na composição da carteira; e,
- $\sigma_{ij}$ : covariância entre o par de ativos  $i$  e  $j$ , se  $i$  for diferente de  $j$ , e variância se  $i$  for igual a  $j$ .

O somatório das participações de cada ativo na carteira precisa totalizar 100% e a participação individual de cada ativo não pode ser negativa, uma vez que o modelo não prevê operações vendidas em ações.

O modelo simplificado de Markowitz pode ser descrito pelas equações abaixo:

$$1- E = \sum_{i=1}^n X_i \mu_i \quad (3)$$

$$2- V = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n X_i X_j \sigma_{ij} \quad (4)$$

$$3- \sum_{i=1}^n X_i = 1 \quad (5)$$

$$4- X_i \geq 0 \quad (6)$$

Onde:

E: Retorno esperado da carteira;

V: Variância da Carteira;

$X_i$ : A parcela da ação na carteira;

$\mu_i$ : Retorno de cada ativo; e,

$\sigma_{ij}$ : Covariância entre o par de ações se (i) diferente de (j) e variância se (i) igual a (j).

A aplicação de Markowitz, no objetivo desse trabalho, busca a maximização do retorno esperado da carteira (E) estabelecido um nível de variância da carteira (V).

Analisando as fórmulas acima é possível constatar que o retorno da carteira é a média ponderada dos retornos individuais dos ativos, entretanto a variância da carteira não é calculada tão intuitivamente. De acordo com o modelo proposto o cálculo da variância da carteira depende

da covariância entre os pares de ativos que dependem da correlação entre os ativos. Sendo assim, quando dois ou mais ativos de baixa relação fazem parte de um mesmo portfólio de investimentos é possível conseguir um menor risco que a média ponderada dos riscos individuais o que possibilita em alguns casos um risco de portfólio menor que o risco do ativo de menor risco e um retorno maior. (GONÇALVES JUNIOR; PAMPLONA; MONTEVECHI, 2012).

A otimização foi obtida da Programação Linear, a qual foi desenvolvida ao final da Segunda Guerra Mundial, com a finalidade de aprimorar a logística de distribuição dos recursos em operações militares, a programação linear teve sua primeira aplicação em 1945. (CORRAR, TEÓPHILO, 2004)

A programação linear é uma técnica de otimização, utilizada para solucionar problemas operacionais de diferentes áreas, como por exemplo: produção de produtos, definição de rotas de entrega, distribuição de equipes de trabalho e ate mesmo planejamento de investimentos que será apresentado neste trabalho.

Para a construção do exercício é necessário seguir uma metodologia de três passo principais: definir as variáveis de decisão, definir a função objetivo e as limitações e/ou restrições.

A formulação do problema é o primeiro passo no estudo de programação Linear, uma vez que significa transpor sua informação descritiva para um modelo matemático. (Lanzer, 1988)

Antes de iniciar a construção do modelo matemático, é importante responder quatro perguntas que ajudam na formulação e interpretação do problema:

- 1- Como será avaliado a efetividade da solução do problema?
- 2- Quais são as variáveis controladas?
- 3- Quais são as variáveis não controladas?
- 4- Como ocorre a relação entre os fatores e objetivos?

Finalizado essas etapas, o modelo pode ser formulado e assim iniciar a otimização, alternando as variáveis de decisão.

### **3.4 Seleção da Carteira**

Para a composição da carteira foram selecionas as ações ordinárias das empresas escolhidas. Por conta de não existir um número de empresas suficientes exclusivamente do setor florestal e afim de diversificar a exposição a diferentes áreas foram adicionadas empresas das

diversas atuações do agronegócio. As empresas do setor florestal foram selecionadas pela classificação setorial da B3, Papel e Celulose (SUZB3, KLBN3, RANI3 e MSPA3) e Madeira (DTEX3 e EUCA3). As empresas do setor agropecuário foram selecionadas com base na área de atuação, BEEF3 e JBSS3 representam o setor de pecuária, SLCE3 e AGRO3 representam o setor de grãos e administração de terras, FRTA3 a área de fruticultura e NUTR3 a indústria de insumos para agricultura.

### 3.5 Dados

Inicialmente o trabalho utilizaria somente as ações do setor florestal na composição da carteira, entretanto por conta do baixo número de empresas disponíveis e a fim de diminuir um pouco a concentração no setor foi acrescentado 6 empresas vinculadas ao setor agropecuário, totalizando assim uma carteira com 12 empresas.

**Tabela 1** - Empresas participantes do portfólio

<i>Nome</i>	<i>Códigos de Negociação:</i>
<i>BrasilAgro</i>	AGRO3.SA
<i>Celulose Irani S/A</i>	RANI3
<i>Duratex S/A</i>	DTEX3.SA
<i>Eucatex S/A</i>	EUCA3
<i>JBS</i>	JBSS3.SA
<i>Klabin S/A</i>	KLBN3
<i>MELHORAMENTOS</i>	MSPA3
<i>Minerva Foods</i>	BEEF3.SA
<i>Nutriplant Indústria e Comércio S/A</i>	NUTR3
<i>Pomifrutas S/A</i>	FRTA3
<i>SLC Agricola S/A</i>	SLCE3.SA
<i>Suzano SA</i>	SUZB3

Fonte: B3 Brasil Bolsa Balcão (2019) adaptado pelo autor.

Para otimizar o modelo o foi utilizado no software Microsoft Excel® a ferramenta solver para aplicação de teste de hipóteses. É possível utilizar o solver para encontrar um valor ótimo máximo ou mínimo para uma fórmula em uma célula objetivo conforme as restrições do problema de programação linear e as condições de não negatividade. Essas restrições podem ser aplicadas sobre os valores de outras células de fórmula em uma planilha que estejam relacionadas a célula objetivo.

Para a composição da carteira de ações com 12 ativos, utilizando o método de Markowitz de modo que seja alcançado a melhor relação de risco retorno desejada, é preciso saber qual deverá ser a quantidade em percentual alocado em cada ativo.

Na construção do exercício foi realizada conforme os passos apresentados abaixo:

- Definição da função objetivo como a variância da carteira.
- Definição das variáveis de decisão como as porcentagens de alocação em cada ativo
- Definição das restrições para solução do problema proposto com base no modelo de Markowitz: Participação individuais de cada ativo maior igual a zero e a soma das participações igual a 100% do portfólio.

A fim de realizar a montagem correta do problema de Pesquisa Operacional as quatro perguntas básicas foram respondidas:

- 1- A efetividade do objetivo será mensurada por meio da variância percentual da carteira
- 2- Retorno da carteira, Variância da carteira e Participações individuais são os fatores controlados.
- 3- Retornos individuais, Variâncias e Covariâncias são as variáveis não controladas.
- 4- O modelo proposto por Markowitz define a relação entre os fatores e objetivos.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Evolução das Ações Estudadas

Imagens dos gráficos de cada ação da carteira no período de 5 Anos (outubro de 2014 – setembro de 2019), com exceção de Suzano (SUZB3) que a imagem representa o gráfico de 2017 a 2019 por conta da mudança no código de negociação do papel.

Todos as imagens dos gráficos apresentadas abaixo foram obtidas diretamente do Site da B3, na página de Market Data por meio da integração com a plataforma Trading View.

**Gráfico 4** - Gráfico das cotações históricas de KLBN3 no período de outubro de 2014 a setembro de 2019



Fonte: B3 Brasil Bolsa Balcão (2019c), adaptado pelo autor.

**Gráfico 5** - Gráfico das cotações históricas de FRTA3 no período de outubro de 2014 a setembro de 2019



Fonte: B3 Brasil Bolsa Balcão (2019c), adaptado pelo autor.

**Gráfico 6** - Gráfico das cotações históricas de EUCA3 no período de outubro de 2014 a setembro de 2019

Publicado no TradingView.com, Novembro 25, 2019 21:26:34 EST  
 BMFBOVESPA\_DLY:EUCA3, W 7.01 ▲ +0.74 (+11.8%) O: 7.01 H: 7.01 L: 7.01 C: 7.01



Fonte: B3 Brasil Bolsa Balcão (2019c), adaptado pelo autor.

**Gráfico 7** - Gráfico das cotações históricas de DTEX3 no período de outubro de 2014 a setembro de 2019

Publicado no TradingView.com, Novembro 25, 2019 21:23:59 EST  
 BMFBOVESPA\_DLY:DTEX3, W 13.97 ▼ -0.03 (-0.21%) O: 14.00 H: 14.16 L: 13.92 C: 13.97



Fonte: B3 Brasil Bolsa Balcão (2019c), adaptado pelo autor.

**Gráfico 8** - Gráfico das cotações históricas de SLCE3 no período de outubro de 2014 a setembro de 2019

Publicado no TradingView.com, Novembro 25, 2019 21:22:29 EST  
 BMFBOVESPA\_DLY:SLCE3, W 18.57 ▲ +0.42 (+2.31%) O: 18.21 H: 18.57 L: 18.12 C: 18.57



Fonte: B3 Brasil Bolsa Balcão (2019c), adaptado pelo autor.



**Gráfico 9** - Gráfico das cotações históricas de AGRO3 no período de outubro de 2014 a setembro de 2019

Publicado no TradingView.com, Novembro 25, 2019 21:20:38 EST  
 BMFBOVESPA\_DLY:AGRO3, W 16.84 ▲ +0.14 (+0.84%) O:16.74 H:16.85 L:16.60 C:16.84



Fonte: B3 Brasil Bolsa Balcão (2019c), adaptado pelo autor.

**Gráfico 10** - Gráfico das cotações históricas de RANI3 no período de outubro de 2014 a setembro de 2019

Publicado no TradingView.com, Novembro 25, 2019 21:19:49 EST  
 BMFBOVESPA\_DLY:RANI3, W 3.13 ▲ +0.02 (+0.64%) O:3.11 H:3.15 L:3.10 C:3.13



Fonte: B3 Brasil Bolsa Balcão (2019c), adaptado pelo autor.

**Gráfico 11** - Gráfico das cotações históricas de MSPA3 no período de outubro de 2014 a setembro de 2019

Publicado no TradingView.com, Novembro 25, 2019 21:18:18 EST  
 BMFBOVESPA\_DLY:MSPA3, W 51.50 ▲ +1.49 (+2.98%) O:51.50 H:51.50 L:51.50 C:51.50



Fonte: B3 Brasil Bolsa Balcão (2019c), adaptado pelo autor.

**Gráfico 12** - Gráfico das cotações históricas de SUZB3 no período de novembro de 2017 a setembro de 2019

Publicado no TradingView.com, Novembro 25, 2019 21:33:47 EST  
 BMFBOVESPA\_DLY:SUZB3, W 38.00 ▼ -0.31 (-0.81%) O: 38.62 H: 38.62 L: 37.87 C: 38.00



Fonte: B3 Brasil Bolsa Balcão (2019c), adaptado pelo autor.

**Gráfico 13** - Gráfico das cotações históricas de NUTR3 no período de novembro de 2017 a setembro de 2019

Publicado no TradingView.com, Novembro 25, 2019 21:31:10 EST  
 BMFBOVESPA\_DLY:NUTR3, W 45.00 ▼ -10.00 (-18.18%) O: 45.00 H: 45.00 L: 45.00 C: 45.00



Fonte: B3 Brasil Bolsa Balcão (2019c), adaptado pelo autor.

**Gráfico 14** - Gráfico das cotações históricas de JBSS3 no período de novembro de 2017 a setembro de 2019

Publicado no TradingView.com, Novembro 25, 2019 21:30:20 EST  
 BMFBOVESPA\_DLY:JBSS3, W 27.84 ▲ +2.44 (+9.61%) O: 25.50 H: 27.86 L: 25.41 C: 27.84



Fonte: B3 Brasil Bolsa Balcão (2019c), adaptado pelo autor.

**Gráfico 15** - Gráfico das cotações históricas de BEEF3 no período de novembro de 2017 a setembro de 2019

Publicado no TradingView.com, Novembro 25, 2019 21:29:17 EST

BMFBOVESPA\_DLY:BEEF3, W 13.47 ▲ +0.84 (+6.65%) O: 12.66 H: 13.47 L: 12.56 C: 13.47



Fonte: B3 Brasil Bolsa Balcão (2019c), adaptado pelo autor.

## 4.2 Carteira Otimizada

Na construção do exercício prático foram utilizadas as cotações das empresas obtidas no site do Yahoo finanças e da B3. Foi adotado como retorno a variação em porcentagem do preço de fechamento corrigido por proventos e desdobramentos da ação no trimestre.

**Tabela 2** - Dados iniciais e variação de cada ativo nos últimos 20 trimestres de outubro de 2014 a setembro de 2019*RETORNO HISTÓRICO DAS AÇÕES*

	<b>DTEX3.SA</b>	<b>EUCA3</b>	<b>RANI3</b>	<b>MSPA3</b>	<b>KLBN3</b>	<b>SUZB3</b>
3T2019	9,43%	-27,27%	11,99%	0,00%	-17,45%	6,59%
2T2019	7,55%	34,80%	-2,41%	-5,17%	-16,08%	-29,87%
1T2019	-9,49%	-13,74%	-6,87%	4,16%	0,88%	20,60%
4T2018	42,87%	0,00%	37,85%	3,46%	-25,82%	-20,67%
3T2018	5,51%	0,00%	10,26%	0,00%	-3,06%	7,84%
2T2018	-23,45%	0,64%	-3,94%	2,86%	-7,26%	34,76%
1T2018	26,80%	35,84%	3,06%	6,38%	45,23%	77,54%
4T2017	-2,83%	73,87%	-20,40%	10,58%	-7,54%	-0,16%
3T2017	16,47%	0,00%	-0,79%	21,44%	10,38%	30,34%
2T2017	-11,89%	-0,25%	-11,80%	20,99%	17,77%	7,24%
1T2017	38,33%	0,00%	20,22%	-28,01%	-18,18%	-4,83%
4T2016	-21,44%	0,00%	-15,00%	0,00%	6,30%	34,93%
3T2016	-2,20%	0,00%	21,70%	38,85%	7,69%	-12,42%
2T2016	7,02%	0,25%	-11,29%	35,97%	11,90%	-7,63%
1T2016	35,84%	-59,01%	-18,60%	2,08%	-9,07%	-29,31%
4T2015	5,04%	0,00%	-11,79%	-1,99%	70,42%	-3,82%
3T2015	-19,88%	0,00%	4,32%	0,00%	26,18%	14,54%
2T2015	-19,52%	40,52%	-0,30%	-10,71%	0,61%	15,43%
1T2015	14,33%	0,00%	3,54%	0,00%	7,69%	34,46%
4T2014	-6,87%	0,00%	1,87%	0,00%	45,77%	13,91%
	<b>JBSS3.SA</b>	<b>AGRO3.SA</b>	<b>BEEF3.SA</b>	<b>SLCE3.SA</b>	<b>FRTA3</b>	<b>NUTR3</b>
3T2019	46,45%	6,57%	21%	-1,70%	33,33%	78,91%
2T2019	30,75%	4,72%	12%	-11,83%	-5,49%	0,00%
1T2019	32,23%	-2,51%	38%	-7,60%	-7,29%	10,00%
4T2018	24,76%	21,51%	3%	-29,53%	-15,69%	-49,96%
3T2018	0,97%	1,32%	-22%	14,75%	-12,40%	0,00%
2T2018	-0,53%	4,64%	-16%	85,01%	-6,92%	0,00%
1T2018	-7,37%	2,55%	-30%	24,93%	-6,52%	49,88%
4T2017	13,23%	-5,23%	-5%	20,68%	-48,91%	149,84%
3T2017	26,31%	8,75%	-10%	16,54%	-22,42%	-44,79%
2T2017	-35,62%	1,99%	29%	21,00%	-0,59%	3,57%
1T2017	-9,64%	9,32%	-18%	21,51%	-7,00%	60,00%
4T2016	-5,83%	-2,01%	22%	2,23%	-9,58%	16,67%
3T2016	24,42%	-5,23%	6%	-4,90%	33,76%	0,00%
2T2016	-2,84%	5,59%	-20%	-2,69%	1,82%	-23,27%
1T2016	-9,64%	3,16%	-10%	-1,91%	-5,59%	-44,14%
4T2015	-25,11%	11,02%	-2%	-6,95%	43,52%	0,00%
3T2015	5,09%	0,46%	19%	0,96%	-34,42%	-42,62%
2T2015	11,12%	25,33%	56%	1,00%	-2,41%	-29,07%
1T2015	34,51%	2,53%	-22%	28,83%	14,32%	-64,17%
4T2014	21,40%	-0,14%	-22%	-15,43%	-23,10%	21,83%

Fonte: Yahoo Finanças (2019), adaptado pelo autor.

Foram analisados os retornos e variâncias de quatro carteiras de ações, todas com as mesmas composição de empresa variando somente o percentual de alocação em cada ação.

Inicialmente foi calculado o retorno da carteira de ações (1/n) com a mesma quantidade alocada para cada ativo, de 8,33% para cada ação. Um cenário comum que poderia ser aplicado por investidores que estão iniciando e realizam a alocação homogenia dos ativos.

**Tabela 3** - Alocação dos ativos com distribuição igualitária

*Alocação Carteira - Não otimizada*

<i>DTEX3.SA</i>	8,33%
<i>EUCA3</i>	8,33%
<i>RANI3</i>	8,33%
<i>MSPA3</i>	8,33%
<i>KLBN3</i>	8,33%
<i>SUZB3</i>	8,33%
<i>JBSS3.SA</i>	8,33%
<i>AGRO3.SA</i>	8,33%
<i>BEEF3.SA</i>	8,33%
<i>SLCE3.SA</i>	8,33%
<i>FRTA3</i>	8,33%
<i>NUTR3</i>	8,33%
<b>Total</b>	<b>100,00%</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nas tabelas abaixo é possível ver a matriz de variância e covariância dos ativos que compõe a carteira e nas últimas duas linhas o quanto cada ativo contribui com o retorno e variância o cálculo foi realizado no Excel por meio das fórmulas variância (VAR.P) no caso de ativos iguais e covariância (COVARIACÃO.P) no caso de ativos diferentes.

**Tabela 4** - Matriz de covariâncias e variâncias entre os pares de ativos que compõem a carteira de investimentos

	<b>DTEX3.SA</b>	<b>EUCA3</b>	<b>RANI3</b>	<b>MSPA3</b>	<b>KLBN3</b>	<b>SUZB3</b>
<b>DTEX3.SA</b>	3,85%	-1,21%	1,17%	-0,42%	-1,10%	1,31%
<b>EUCA3</b>	-1,21%	6,82%	-0,34%	-0,11%	0,45%	1,41%
<b>RANI3</b>	1,17%	-0,34%	2,03%	-0,28%	-1,02%	0,41%
<b>MSPA3</b>	-0,42%	-0,11%	-0,28%	2,16%	0,56%	0,12%
<b>KLBN3</b>	-1,10%	0,45%	-1,02%	0,56%	5,60%	2,31%
<b>SUZB3</b>	-1,31%	1,41%	-0,41%	-0,12%	2,31%	6,20%
<b>JBSS3.SA</b>	0,25%	0,18%	1,16%	0,06%	-1,99%	0,24%
<b>AGRO3.SA</b>	0,43%	0,08%	0,39%	-0,39%	-0,28%	0,29%
<b>BEEF3.SA</b>	-2,24%	0,29%	-0,32%	-0,27%	-0,99%	0,80%
<b>SLCE3.SA</b>	-1,07%	0,85%	-0,71%	-0,16%	-0,34%	2,96%
<b>FRTA3</b>	0,36%	-2,13%	0,49%	0,39%	1,02%	0,65%
<b>NUTR3</b>	-0,62%	5,80%	-1,15%	-0,94%	-0,76%	1,09%
	<b>JBSS3.SA</b>	<b>AGRO3.SA</b>	<b>BEEF3.SA</b>	<b>SLCE3.SA</b>	<b>FRTA3</b>	<b>NUTR3</b>
<b>DTEX3.SA</b>	0,25%	0,43%	-2,24%	-1,07%	0,36%	-0,62%
<b>EUCA3</b>	0,18%	0,08%	0,29%	0,85%	-2,13%	5,80%
<b>RANI3</b>	1,16%	0,39%	-0,32%	-0,71%	0,49%	-1,15%
<b>MSPA3</b>	0,06%	-0,39%	-0,27%	-0,16%	0,39%	-0,94%
<b>KLBN3</b>	-1,99%	-0,28%	-0,99%	-0,34%	1,02%	-0,76%
<b>SUZB3</b>	-0,24%	-0,29%	-0,80%	2,96%	-0,65%	1,09%
<b>JBSS3.SA</b>	4,34%	-0,01%	0,56%	-1,24%	0,00%	-0,11%
<b>AGRO3.SA</b>	-0,01%	0,58%	0,41%	-0,32%	0,23%	-1,36%
<b>BEEF3.SA</b>	0,56%	0,41%	5,23%	-1,68%	0,45%	-0,66%
<b>SLCE3.SA</b>	-1,24%	-0,32%	-1,68%	5,35%	-0,54%	1,72%
<b>FRTA3</b>	0,00%	0,23%	0,45%	-0,54%	4,69%	-1,60%
<b>NUTR3</b>	-0,11%	-1,36%	-0,66%	1,72%	-1,60%	24,49%

Fonte: Elaborado pelo autor.

O cálculo da Variância de cada ativo foi realizado conforme o previsto no modelo de Markowitz e foi utilizado a função somar produtos (SOMARPRODUTO), onde a porcentagem de participação de cada ativo foi multiplicada pela soma e produto dos valores de variância e covariância entre os pares de ativos pela participação de cada ativo na carteira.

Abaixo temos os resultados da carteira que ainda não foi otimizada, onde o retorno médio esperado para um portfólio igualmente distribuído foi de 4,54% no trimestre com um risco(variância) de 0,4250%.

O cálculo da Variância da carteira foi realizado pelo somatório das variâncias individuais em porcentagem de cada ativo na carteira.

**Tabela 5** - Resultado do retorno esperado e a variância da carteira no cenário não otimizado

<i>Ativo</i>	<i>Variâncias</i>	<i>Retorno</i>
<i>DTEX3.SA</i>	-0,0132%	0,38%
<i>EUCA3</i>	0,0839%	0,36%
<i>RANI3</i>	0,0072%	0,05%
<i>MSPA3</i>	0,0033%	0,42%
<i>KLBN3</i>	0,0239%	0,61%
<i>SUZB3</i>	0,0706%	0,79%
<i>JBSS3.SA</i>	0,0205%	0,73%
<i>AGRO3.SA</i>	-0,0037%	0,39%
<i>BEEF3.SA</i>	0,0000%	0,12%
<i>SLCE3.SA</i>	0,0335%	0,65%
<i>FRTA3</i>	0,0189%	-0,34%
<i>NUTR3</i>	0,1798%	0,39%
<b>Total</b>	<b>0,4250%</b>	<b>4,54%</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

Após a aplicar a ferramenta Solver do Excel para otimizar a alocação dos ativos da carteira foi possível encontrar uma solução do problema de modo que a variância encontrada foi menor que a carteira inicial assim como retorno do portfólio também foi maior, conforme será melhor detalhado abaixo.

A simulação de otimização tinha como função objetivo minimizar a variância da carteira de ações e com duas restrições: atingir o retorno mínimo de 5% e somatório das alocações individuais em porcentagem igual a 100%.

A seguir é apresentado o resultado otimizado para a solução do problema onde a alocação proposta para cada ativo variou de zero em EUCA3, SUZB3 e FRTA3 a 21,85% em AGRO3.

**Tabela 6** - Alocação dos ativos com distribuição ótima***Alocação Carteira Ótima***

<i>DTEX3.SA</i>	15,01%
<i>EUCA3</i>	0,00%
<i>RANI3</i>	2,99%
<i>MSPA3</i>	12,51%
<i>KLBN3</i>	11,36%
<i>SUZB3</i>	0,00%
<i>JBSS3.SA</i>	7,77%
<i>AGRO3.SA</i>	21,85%
<i>BEEF3.SA</i>	13,20%
<i>SLCE3.SA</i>	12,85%
<i>FRTA3</i>	0,00%
<i>NUTR3</i>	2,47%
<b><i>Total</i></b>	<b>100,00%</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

Com a otimização do portfólio 3 empresas deixaram de compor a carteira e a variância encontrada foi de 0,1010% e o retorno da carteira foi de 5,17%, resultado superior a carteira inicial e que dificilmente seria obtido por um investidor de maneira intuitiva.

Na tabela apresentada abaixo são apresentados os resultados da alocação otimizada.

**Tabela 7** - Resultado do retorno esperado e a variância da carteira no cenário ótimo, sem restrição de alocação mínima

<b><i>Ativo</i></b>	<b><i>Variâncias</i></b>	<b><i>Retorno</i></b>
<i>DTEX3.SA</i>	0,0152%	0,69%
<i>EUCA3</i>	0,0000%	0,00%
<i>RANI3</i>	0,0030%	0,02%
<i>MSPA3</i>	0,0126%	0,63%
<i>KLBN3</i>	0,0115%	0,83%
<i>SUZB3</i>	0,0000%	0,00%
<i>JBSS3.SA</i>	0,0078%	0,68%
<i>AGRO3.SA</i>	0,0221%	1,03%
<i>BEEF3.SA</i>	0,0133%	0,19%
<i>SLCE3.SA</i>	0,0130%	0,99%
<i>FRTA3</i>	0,0000%	0,00%
<i>NUTR3</i>	0,0025%	0,11%
<b><i>Total</i></b>	<b>0,1010%</b>	<b>5,17%</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os resultados do portfólio otimizado na simulação sem restrições de alocação foram: uma carteira com retorno 13,87% a mais e um variância 76,74% menor que o portfólio não otimizado. Atingindo o objeto do trabalho em demonstrar que é possível obter melhores



retornos sem necessariamente correr maior risco por meio da otimização na alocação dos recursos ao diversificar o portfólio.

Pintan (2018) apresentou um estudo comparando três diferentes modelos de investimentos para ativos da BM&F BOVESPA onde foi aplicado o modelo de otimização de portfólio de Markowitz em um dos modelos de carteira ótima utilizando um mesmo nível de risco do índice BOVESPA. Onde foi destacado o resultado obtido com as carteiras geradas através do modelo de otimização de portfólio de Markowitz e a comparação mostrou que os modelos replicados não obtiveram um resultado positivo quando comparado com o índice BOVESPA. As explicações levantadas pelo autor como justificativa aos resultados foram em relação ao curto prazo de análise e a alta correlação dos ativos.

**Tabela 8** - Resultado do retorno esperado e a variância da carteira no cenário ótimo, sem restrição de alocação mínima

	<i>Carteira 1/N</i>	<i>Carteira Otimizada</i>
<i>Saldo em outubro de 2014</i>	<b>R\$ 6.053,04</b>	<b>R\$ 6.052,05</b>
<i>Saldo setembro de 2019</i>	<b>R\$ 11.420,36</b>	<b>R\$ 13.069,01</b>
<i>Variação no período</i>	<b>88,67%</b>	<b>115,94%</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na tabela apresentada acima é comprovado a eficiência do método em aumentar o retorno do portfólio de ações por meio da alocação otimizada dos ativos, onde a diferença de resultado foi de 14% a mais de retorno na carteira de balanceamento ótimo em relação a carteira de distribuição igualitária. Para a realização dos cálculos de variação no período foi considerado um aporte inicial de R\$6.055,00 e os preços ajustados de fechamento do primeiro dia de pregão do mês de outubro e do último dia do mês de setembro de 2019.

Nesse mesmo período o retorno percentual do índice Bovespa foi de 96% o que demonstra que a carteira otimizada também foi capaz de superar o benchmark no período estudado.

## 5 LIMITAÇÕES DO ESTUDO

O Estudo realizado apresenta algumas limitações que merecem ser destacadas. A primeira delas com relação ao risco, que nesse trabalho foi considerado puramente como sendo a variância do portfólio, entretanto na realidade o risco é composto por outras variáveis que devem ser levadas em conta no momento que compor o portfólio. Dentre elas estão: indicadores de liquidez do ativo, o nível de governança das empresas, o cenário macroeconômico e o comportamento do investidor.

Correia e Amaral (2012), a partir dos resultados apresentados chegaram à conclusão de que empresas bem governadas e que oferecem maior proteção atraem mais os investidores, que demandam mais os seus títulos. Empresas com melhores níveis de governança são preferência dos investidores uma vez que são significativamente mais líquidas o que permite uma negociação mais eficiente no mercado.

Moura (2008), conclui por meio dos estudos que a partir da teoria de finanças comportamentais é possível obter oportunidades de ganhos financeiros na Bovespa, sendo assim o uso da teoria no desenvolvimento de novas ferramentas de tomada de decisão pode contribuir para o processo de seleção de carteiras de investimentos.

A seleção de ativos unicamente do setor do agronegócio também é um fator limitante do estudo, uma vez que, ao montar um portfólio de investimentos buscando a diversificação é importante estar exposto a diferentes setores, de modo a diminuir a exposição ao risco não sistemático.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da alocação otimizada, a ação da companhia Klabin apresentou o melhor desempenho em relação as demais empresas do Setor Florestal no período de outubro de 2014 a setembro de 2019. Dentro da carteira como um todo as ações das companhias agrícolas obtiveram as melhores performances de retorno no período selecionado.

Foi possível identificar no trabalho proposto que há ganhos reais ao se diversificar o portfólio de ações, mesmo que dentro de um mesmo setor de atividade, e que ao utilizar o modelo de Markowitz como base para a definição da alocação em cada ativo por meio de um problema de programação linear resultou em melhores retornos e menor risco sistemático comparado a carteira não otimizada (1/N).

A ideia de investir no mercado de ações pode parecer muito interessante, em especial por conta do momento atual de alta dos mercados e os resultados de retorno aqui apresentados, entretanto apesar do trabalho ter como métrica a seleção dos ativos por meio da relação risco-retorno, o resultado não mensurou o risco total da carteira. Vale destacar que o modelo apresentado não garante a eficiência na prática da carteira proposta e sim apresenta uma ferramenta de auxílio aos investidores durante a formação e revisão de portfólio.

## REFERÊNCIAS

- ASSAF NETTO, A. **Mercado financeiro**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2001.
- ASSAF NETTO, A.; LIMA, F. G. **Curso de administração financeira**. São Paulo: Atlas, 2009.
- B3 BRASIL BOLSA BALCÃO. Renda Variável. **B3**, São Paulo, 2019 Disponível em: <[http://www.b3.com.br/pt\\_br/produtos-e-servicos/negociacao/renda-variavel/acoes.htm](http://www.b3.com.br/pt_br/produtos-e-servicos/negociacao/renda-variavel/acoes.htm)>. Acesso em: 12 nov. 2019.
- B3 BRASIL BOLSA BALCÃO. Empresas Listadas. **B3**, São Paulo, 2019 Disponível em: <[http://www.b3.com.br/pt\\_br/produtos-e-servicos/negociacao/renda-variavel/empresas-listadas.htm](http://www.b3.com.br/pt_br/produtos-e-servicos/negociacao/renda-variavel/empresas-listadas.htm)>. Acesso em: 12 nov. 2019.
- B3 BRASIL BOLSA BALCÃO. Ações. **B3**, São Paulo, 2019c. Disponível em: <[http://www.b3.com.br/pt\\_br/market-data-e-indices/servicos-de-dados/market-data/cotacoes/](http://www.b3.com.br/pt_br/market-data-e-indices/servicos-de-dados/market-data/cotacoes/)>. Acesso em: 12 nov. 2019.
- B3 BRASIL BOLSA BALCÃO. Apresentação de Resultado 3º Trimestre de 2019. **B3**, São Paulo, 2019 Disponível em: < <https://ri.b3.com.br/>>. Acesso em: 12 nov. 2019.
- BRASILAGRO. Central de Resultados. **BrasilAgro**, São Paulo, 2019. Disponível em: <<http://www.brasil-agro.com/>>. Acesso em: 23 nov. 2019
- CORREIA, L. F; AMARAL, H. F. Determinantes da Liquidez de Mercado de Ações Negociadas na BM&FBOVESPA. In: ENCONTRO DA ANPAD, 36, 2012, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: ANPAD, set. 2012. Disponível em: <[http://www.anpad.org.br/admin/pdf/2012\\_FIN1943.pdf](http://www.anpad.org.br/admin/pdf/2012_FIN1943.pdf)>. Acesso em: 12 nov. 2019.
- CORRAR, Luiz J; THEÓPHILO, Carlos Renato. **Pesquisa Operacional para decisão em Contabilidade e Administração**. São Paulo: Atlas, 2004.
- DAMODARAN, A. **Investment Valuation: tools and techniques for determining the value of any asset**. New York: Editora Wiley, 1996.
- DEMIGUEL, V.; GARLAPPI, L.; UPPAL, R. Optimal Versus Naive Diversification: How Inefficient is the 1/N Portfolio Strategy? **Review Of Financial Studies**, v. 22, n. 5, p. 1915-1953, 2009.
- DURATEX. Quem somos. **Duratex**, São Paulo, 2019. Disponível em: <<https://www.duratex.com.br/pt/quem-somos/historia>>. Acesso em: 12 nov. 2019.
- EUCATEX. Sobre a Eucatex. **Eucatex**, São Paulo, 2019. Disponível em: <<https://www.eucatex.com.br/sobre-a-eucatex/historia>>. Acesso em: 12 nov. 2019.

GONÇALVES Jr., C.; PAMPLONA, E. O.; MONTEVECHI, J. A. B. Seleção de carteiras através do modelo de Markowitz para pequenos investidores (com o uso de planilhas eletrônicas). In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 9, 2002, Bauru. **Anais...** São Paulo: SIMPEP, 2002.

IBÁ: RELATÓRIO ANUAL 2019. Disponível em: <https://www.iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/iba-relatorioanual2019.pdf>. Acesso em: 14 out. 2019.

IRANI. Áreas de negócios **Irani**, São Paulo, 2019. Disponível em: <http://www.irani.com.br/irani/areas-de-negocios/florestal/>. Acesso em: 12 nov. 2019.

JBS. Investidores. **JBS**, São Paulo, 2019. Disponível em: <http://jbss.infoinvest.com.br/>. Acesso em: 23 nov. 2019.

KLABIN. Nossa essência. **Klabin**, São Paulo, 2019. Disponível em: <https://www.klabin.com.br/nossa-essencia/>. Acesso em: 12 nov. 2019.

KLABIN. Central de resultados. **Klabin**, São Paulo, 2019. Disponível em: <http://ri.klabin.com.br/divulgacoes-e-resultados/central-de-resultados#2019> >. Acesso em: 23 nov. 2019

LANZER, Edgar Augusto. **Programação Linear: Conceitos e Aplicações**. Rio de Janeiro: IPEA/INPES, 1988.

LEITE, P. L.; NASCIMENTO, Thalita. Com juro menor, investidor precisa se adaptar ao risco. **Estadão**, São Paulo, 30 jun. 2019. Disponível em: <https://economia.estadao.com.br/noticias/geral,com-juro-menor-investidor-precisa-se-adaptar-ao-risco,70002896264>>. Acesso em: 23 nov. 2019.

MARKOWITZ, Harry. Portfolio Selection. **Journal of Finance**, USA, p. 7791, 7 mar. 1952.

MELHORAMENTOS. Florestal. Melhoramentos, São Paulo, 2019. Disponível em: <http://www.melhoramentos.com.br/v2/florestal/>. Acesso em: 12 nov. 2019.

MINERVA FOODS. Relação com investidores. **Minerva Foods**, São Paulo, 2019. Disponível em: <http://ri.minervafoods.com/>. Acesso em: 23 nov. 2019

MOURA, Bertrand de Matos. **Um indicador de desempenho para seleção de ativos das empresas de celulose e papel no mercado financeiro**. 2008. 116 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade de Brasília, Brasília, 2008. Disponível em: <http://repositorio.unb.br/handle/10482/2135>>. Acesso em: 23 nov. 2019

NUTRIPLANT. Relação com investidores. **Nutri Plant**, São Paulo, 2019. Disponível em: <http://www.nutriplant.com.br/ri/>. Acesso em: 23 nov. 2019

PINTAN, Marcio Alvarez. **Operações de day trading na BM&F BOVESPA: avaliação de uma técnica de otimização de resultados**. 2018. 78 f. Dissertação (MPA) – Escola de Administração de Empresas de São Paulo, São Paulo, 2018. Disponível em: <http://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/handle/10438/24564>

REILLY, F. K. NORTON, E. A. **Investimentos**. 7 ed. São Paulo: Cengage Learning, 564 p. 2008.

SLC AGRÍCOLA. Relação com investidores. **SCL Agrícola**, Porto Alegre, 2019. Disponível em: <<http://ri.slcagricola.com.br/>>. Acesso em: 23 nov. 2019

SUZANO. Negócio. **Suzano**, São Paulo, 2019. Disponível em: <<http://www.suzano.com.br/negocio>>. Acesso em: 12 nov. 2019

SUZANO. Relação com investidores. Suzano, São Paulo, 2019. Disponível em: <<http://ri.suzano.com.br/>>. Acesso em: 23 nov. 2019.

YAHOO FINANÇAS. Cotações. Yahoo Finanças, Brasil, 2019. Disponível em:<<https://br.financas.yahoo.com/>>. Acesso em: Acesso em: 16 out. 2019.

## APÊNDICE A - FLUXOGRAMA DA METODOLOGIA APLICADA NA EXECUÇÃO DO TRABALHO

