



**Paulo Vitor Jordão da Gama Silva**

**A Indexação do *Autocall* a Produtos Estruturados: Um  
Estudo de Caso da Vale S.A.**

**Dissertação de Mestrado**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Administração de Empresas da PUC-Rio como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Administração de Empresas.

Orientador: Prof. Antonio Carlos Figueiredo Pinto.

Rio de Janeiro  
Janeiro de 2013



**Paulo Vitor Jordão da Gama Silva**

**A Indexação do *Autocall* a Produtos Estruturados: Um  
Estudo de Caso da Vale S.A.**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-graduação em Administração de Empresas da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

**Prof. Antonio Carlos Figueiredo Pinto**

Orientador

Departamento de Administração – PUC-Rio

**Prof. Marcelo Cabus Klotzle**

Departamento de Administração - PUC-Rio

**Prof. Ubiratan Jorge Iorio de Souza**

UERJ

**Prof<sup>a</sup>. Mônica Herz**

Vice-Decana de Pós-Graduação do CCS

Rio de Janeiro, 30 de janeiro de 2013

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, do autor e do orientador.

## Paulo Vitor Jordão da Gama Silva

Graduou-se em Administração de Empresas pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro no ano de 2010.

### Ficha Catalográfica

Silva, Paulo Vitor Jordão da Gama.

A indexação do *Autocall* a produtos estruturados: um estudo de caso da Vale S.A. / Paulo Vitor Jordão da Gama Silva; orientador: Antonio Carlos Figueiredo Pinto. – 2013.

62 f.: il. (color.); 30 cm

Dissertação (mestrado)–Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Administração, 2013.

Inclui bibliografia

1. Administração – Teses. 2. Derivativos financeiros. 3. Produtos estruturados. 4. Resgate automático. 5. Vale S.A. (VALE). 6. Árvore trinomial modificada. 7. Modelo de diferenças finitas. I. Pinto, Antonio Carlos Figueiredo. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Administração. III. Título.

CDD: 658

## Agradecimentos

Gostaria de agradecer ao meu orientador, professor Antonio Carlos Figueiredo, pelo estímulo e parceria para com a realização deste trabalho.

Ao professor Marcelo Cabús Klotzle pelo auxílio bibliográfico e demais contribuições.

Aos professores Luiz Eduardo Brandão e Leonardo Gomes Lima pela experiência docente na turma de graduação de Mercado de Capitais e Investimentos.

A PUC-Rio, pelos auxílios concedidos, sem os quais este trabalho não poderia ter sido realizado.

Aos meus pais e a minha avó Maria Alice, pela educação, atenção e carinho de todas as horas.

Aos meus colegas da PUC-Rio.

Aos professores que participaram da Comissão Examinadora.

A todos os professores e funcionários do Departamento pelos ensinamentos e pela ajuda.

A todos os amigos e familiares que de uma forma ou de outra me estimularam ou me ajudaram nesta jornada.

## Resumo

Silva, Paulo Vitor Jordão da Gama; Pinto, Antonio Carlos Figueiredo. **A Indexação do Autocall a Produtos Estruturados: Um Estudo de Caso da Vale S.A.** Rio de Janeiro, 2013. 62p. Dissertação de Mestrado - Departamento de Administração, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

O resgate automático, mais conhecido por *autocall*, de produtos estruturados vem se tornando uma prática usual no mercado internacional no que se refere à indexação dos contratos que visam a alavancagem de capital por meio de estratégias de financiamento envolvendo derivativos. O objetivo focal deste trabalho é a análise do apreamento por meio da dinâmica do *autocall* em uma emissão de notas de cupom com barreira baseadas em ADRs (data inicial em 02/04/2011 e final em 02/04/2012) da maior companhia de mineração e metais do país, a Vale S.A. (VALE). Neste estudo, pretende-se explicar detalhadamente a dinâmica do *autocall*: como ele se estrutura; como estes são afetados pelo tempo nas datas de resgate; a probabilidade de serem resgatados (*callable*) em cada data; a determinação do pagamento devido na data de cupom e como esses pagamentos são dependentes de instrumentos característicos e os principais produtos estruturados com *autocall*. O modelo numérico de análise será pautado em uma modificação do modelo de Árvore Trinomial. Nesta variação proposta, adicionaram-se as condicionais (*autocall*, barreira e *knock-in*) e a modificação para cálculo do valor presente do produto estruturado. Logo, por meio deste estudo, busca-se colocar em prática o desenvolvimento de um novo cálculo de apreamento envolvendo *autocall*, a fim de fazer a avaliação de produtos estruturados (com uma tipologia similar a esta emissão da VALE), e introduzir este assunto no meio acadêmico brasileiro já que nenhum outro trabalho lidou com este tema antes.

## Palavras-chave

Derivativos Financeiros; Produtos Estruturados; Resgate Automático; Vale S.A. (VALE); Árvore Trinomial Modificada; Modelo de Diferenças Finitas.

## Abstract

Silva, Paulo Vitor Jordão da Gama; Pinto, Antonio Carlos Figueiredo (Advisor). **The Autocall Indexing in Structured Products: A Case Study of Vale S.A.** Rio de Janeiro, 2013. 62p. MSc. Dissertation - Departamento de Administração, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

The automatic redemption, best known as autocall, of structured products has become an usual practice in the international market with regard to the indexation of contracts that aim capital leverage through financing strategies involving derivatives. The focal goal in this work is the pricing analysis by autocall's dynamic in an issue of coupon barrier notes based in ADRs (starts on 02/04/2011 and ends on 04/02/2012) from the largest mining and metal company in the country, Vale S.A. (VALE). This study intend to explain in details the dynamics of autocall: how it is structured, how they are affected by the time in the redemption dates; the probability of being rescued (callables) on each date; the determination of the due payment in the coupon date and how these payments are dependents from these characteristic instruments and the main structured products structured with autocall. The numerical analysis model will be based on a modification of the trinomial tree model. In this proposal variation, were added the conditionals (autocall, barrier and knock-in) and the modification to calculate the present value of the structured product. Thus, through this article, the idea is to put a new development of calculus that involves autocall pricing in practice in order to make the valuation of structured products (with a similar typology to this issue of VALE), and introduce this subject in the Brazilian academic field as any other article dealt with this subject before.

## Keywords

Financial Derivatives; Structured Products; Autocall; Vale S.A. (VALE); Modified Trinomial Tree; Finite Difference Model.

# Sumário

1. Introdução	11
2. Referencial Teórico	14
2.1. Modelo de Árvore Trinomial	14
2.2. Modelo de Diferenças Finitas	17
2.2.1 Equações Diferenciais Ordinárias	18
2.2.2 Equação do Calor	19
2.3. O <i>Autocall</i>	19
2.3.1 Ativos Únicos Passíveis de <i>Autocall</i>	21
2.3.2 Nota de Participação com <i>Autocall</i>	23
2.3.3 <i>Autocalls Down-and-In</i> das Opções de Venda	25
2.3.4 <i>Autocalls</i> com mais de um Ativo	29
3. O Título da Vale S.A.	34
4. Base de Dados e Metodologia	36
4.1. Base de Dados	36
4.2. Metodologia	37
5. Resultados	41
6. Conclusão	44
7. Referências Bibliográficas	45
Documentos Anexos	48

## Lista de Figuras

Figura 1 (a) e (b) – Número e Tamanho Total da Emissão de Produtos Estruturados com <i>Autocall</i> no Mundo.	11
Figura 2 – <i>Autocall</i> em Períodos Contínuo e Discreto.	12
Figura 3 – Demonstração do Modelo Trinomial	15
Figura 4 – Discretização de uma Função em Grade.	18
Figura 5 – Cenários de Retorno do Produto com o índice CAC40 em que a Estrutura Nunca Sofreu <i>Autocall</i> .	23
Figura 6 – Cenários de Retorno de Alpha para a APN de Três Anos.	25
Figura 7 – Cenários de Retorno para Ações Baseadas na <i>Performance</i> do Pior dos <i>Autocalls</i> .	30
Figura 8 – Demonstrativo de Cálculo do Modelo Trinomial Modificado.	38
Figura 9 – Apreçamento Real do Produto Considerando-se as Datas de Validação e os Períodos Realizados.	43

## Lista de Tabelas

Tabela 1 – Cenários de Pagamento para um Produto Estruturado com <i>Autocall</i> Envolvendo o índice CAC40.	23
Tabela 2 – Termo para um Produto Envolvendo APN.	24
Tabela 3 – Cenários de Pagamentos para a APN de Três Anos.	24
Tabela 4 – Termo para um Produto Envolvendo Ganhos Gêmeos.	27
Tabela 5 – Termo para um Produto Estruturado com <i>Autocall</i> de Cupom de Bônus.	28
Tabela 6 – Termo Envolvendo um Produto Estruturado Baseado na <i>Performance</i> do Pior dos <i>Autocalls</i> .	30
Tabela 7 – Termo para um Produto Baseado no Pior dos <i>Autocalls</i> Envolvendo Opções de Venda <i>Down-and-In</i> no Vencimento.	32
Tabela 8 – Termo para um Produto Envolvendo <i>Autocall</i> de <i>Auto-Performance</i> .	33
Tabela 9 – Datas de Validação do Título.	34
Tabela 10 – Análises de Cenários Considerando-se Vencimentos em Períodos Diferentes Impactados pela Volatilidade.	41
Tabela 11 – Análises Considerando-se Intervalos de Volatilidade Inicial, Histórico e Final.	42

## Lista de Equações

Eq. (1) – Equação do Fator Multiplicativo Incremental de Subida.	14
Eq. (2) – Equação do Fator Multiplicativo Incremental de Descida.	15
Eq. (3) – Equação do Fator Multiplicativo Incremental de Permanência.	15
Eq. (4) – Equação da Probabilidade de Subida.	16
Eq. (5) – Equação da Probabilidade de Descida.	16
Eq. (6) – Equação da Probabilidade de Permanência.	16
Eq. (7) – Operador de Diferenças Finitas.	17
Eq. (8) – Pagamento de Cupom para Ativos Únicos Passíveis de <i>Autocall</i> .	21
Eq. (9) – Resgate de Investimento para Ativos Únicos Passíveis de <i>Autocall</i> .	21
Eq. (10) – Cupom Pago no Caso de <i>Autocall</i> com Cupom de Bônus.	28
Eq. (11) – Pagamento de Cupom para mais de um Ativo com a <i>Performance</i> Baseada no Pior dos <i>Autocalls</i> .	29
Eq. (12) – Resgate para mais de um Ativo com a <i>Performance</i> Baseada no Pior dos <i>Autocalls</i> .	29
Eq. (13) – Pagamento de Cupom Considerando o Efeito Bola de Neve e a <i>Performance</i> Baseada no pior dos <i>Autocalls</i> com Ferramenta de Opção de Venda.	31
Eq. (14) – Pagamento de Cupom no Caso de <i>Autocall</i> de Alta- <i>Performance</i> .	33
Eq. (15) – Valor Presente Modificado para o cálculo do produto estruturado considerando o final do nó.	39
Eq. (16) – Valor Presente Modificado para o cálculo do produto estruturado considerando a continuidade do nó.	39
Eq. (17) – Cálculo do valor pago considerando-se a regra condicional de barreira.	40