UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E MECÂNICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

YURI RESENDE FONSECA

AVALIAÇÃO DE USINAS DE RECICLAGEM DE RESÍDUO DA CONSTRUÇÃO CIVIL PELO MÉTODO DE OPÇÕES REAIS COMBINADAS.

JUIZ DE FORA
2014
YURI RESENDE FONSECA

AVALIAÇÃO DE USINAS DE RECICLAGEM DE RESÍDUO DA CONSTRUÇÃO CIVIL PELO MÉTODO DE OPÇÕES REAIS COMBINADAS.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Produção.

Orientador: Márcio de Oliveira.

JUIZ DE FORA
2014

YURI RESENDE FONSECA

AVALIAÇÃO DE USINAS DE RECICLAGEM DE RESÍDUO DA CONSTRUÇÃO CIVIL PELO MÉTODO DE OPÇÕES REAIS COMBINADAS.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Produção.

Aprovada em 23 de julho de 2014.

BANCA EXAMINADORA

_____

M. Sc., Márcio de Oliveira
Universidade Federal de Juiz de Fora

_____

Cristina Márcia B. de Castro
Universidade Federal de Juiz de Fora

_____

D. Sc., Roberto Malheiros Moreira Filho
Universidade Federal de Juiz de Fora

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo dimensionar uma usina de Resíduos da Construção Civil (RCC) para a cidade de Juiz de Fora – MG e avaliar a viabilidade econômica do projeto através de opções reais combinadas. Foi considerada a possibilidade de expansão das atividades pela produção de artefatos de concreto e a possibilidade de abandono das atividades dentro do horizonte de análise. Para modelar o movimento de preços do projeto foi utilizado o movimento geométrico browniano, a volatilidade considerada para o ativo de referência foi obtida através de simulação de Monte Carlo. Para o calculo do prêmio do valor das opções foi utilizada a metodologia de precificação binomial. O cálculo do valor presente da opção de expansão precisou ser obtido através de uma relação linear com o Valor Presente Líquido do projeto e para o calculo do valor presente da opção de abandono foram utilizados como referência o valor residual dos equipamentos e o montante de capital de terceiros. O resultado alcançado demonstrou que as opções reais combinadas são de grande valia, aumentando significativamente o valor do projeto e que a possibilidade de tomada de decisões gerenciais possui valor dentro de cenários de incerteza por poder maximizar ganhos ou mitigar perdas e que a análise tradicional dos Fluxos de Caixa Descontados pode subestimar um projeto valioso para os investidores.

ABSTRACT

The present study has as main goal the dimensioning of a Civil Construction Waste (RCC) plant for the city of Juiz de Fora (Minas Gerais, Brazil) and to evaluate the economical viability of the project through combined real options. Possible expansion of the activities to the production of concrete goods was considered, as well as the possibility of desertion of all activities in the analysis timeframe. In order to model the motion of project prices the geometrical brownian motion was used, and the reference active volatility was obtain through Monte Carlo simulation. A binomial pricing methodology was used to calculate the option value. The estimate value of the present value for a expansion option was obtained through a linear relation regarding the Net Present Value of the project, while the present value for desertion option was calculated using the residual value of the equipments and the third-party capital sum as references. The result demonstrated that (1) the combined real options are of great value to the entrepreneur, significantly increasing the project value, (2) the management decision making have value in uncertainty scenarios as it enables the entrepreneur to maximize gains and minimize losses and (3) Discounted Cash Flow traditional style analysis can underestimate valuable projects.

Key Words: Civil Construction Waste Plant, investment analysis, real options.

LISTA DE FÓRMULAS

Equação 1 – Fluxo de Caixa Livre (FCFF) 40
Equação 2 - VPL 42
Equação 3 - VPL Fluxo Perpétuo 43
Equação 4 - Custo Médio Ponderado de Capital 43
Equação 5 – Identidade fluxo de caixa 44
Equação 6 – Modelo Black e Sholes para call européia 47
Equação 7 – Movimento do ativo de referência 47
Equação 8 – Probabilidade risco-neutra 48
Equação 9 – Relação taxa de desconto real com taxa nominal 56
Equação 10 – fórmula de Hamada 57
Equação 11 - Função objetivo 64
Equação 12 - Restrições 64
Equação 13 - Relação linear VP da opção de expansão com Rcc recebido 65

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Geração de RCC por tipo de obra 27
Figura 2 - Composição de RCC 28
Figura 4 - Percentual de usinas ativas e inativas. 33
Figura 5 - Percentual de usinas ativas e inativas. 33
Figura 6 - Sobrevivência de Usinas Privadas. 34
Figura 7 - Sobrevivência de Usinas Públicas, ABRECON (2012) 34
Figura 8 – Investimento Inicial 37
Figura 9 – Custos Variáveis 39
Figura 10 – Distribuição da Entrada anual de resíduos RCC na usina 58
Figura 11 - Distribuição VPL e Estatísticas 60
Figura 12 - Distribuição acumulada VPL 60
Figura 13 - Relação linear VPL do projeto Linha de Base com a entrada de RCC 64
Figura 14 - Relação linear entre VP da opção de expansão e VPL do projeto Linha Base 64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Geração de RCC 26
Tabela 2 - Composição de RCC por cidade 28
Tabela 3 - Percentual de RCC em relação aos resíduos sólidos 29
Tabela 4 - Dados sobre usinas de RCC ABRECON (2012) 32
Tabela 5- Geração de RCC em Juiz de Fora 36
Tabela 6- Proporção dos agregados produzidos 38
Tabela 7 - Preço de venda dos agregados 38
Tabela 8 – Custos fixos, despesas e depreciação 39
Tabela 10- Instalação e Mobilização 51
Tabela 11 - Equipamentos 51
Tabela 12 - Modelo Financiamento 51
Tabela 13 - Simulação Pagamento 51
Tabela 14 - Custos Mão de Obra 52
Tabela 15 - Consumo de combustível 52
Tabela 16 - Custos Manutenção e Material Rodante ref Tabela Sobratema 53
Tabela 17 - Despesas administrativas 53
Tabela 18 - Volume Recebido pela usina de RCC 54
Tabela 19 - Parâmetros de produção e receita 55
Tabela 20- Resumo da simulação e sumário estatístico 59
Tabela 21 - Resumo gastos totais por máquina por mês para Blocos de Vedação 62
Tabela 22 - Resumo DRE e VP por máquina por mês para Blocos de Vedação 62
Tabela 23 - Resumo Gastos Totais por máquina por mês para piso intertravado 62
Tabela 24 - Resumo DRE e VP por máquina por mês para piso intertravado 63
Tabela 25 - Resumo Gastos Totais por máquina por mês para meio fio 63
Tabela 26 - Resumo DRE e VP por máquina por mês para meio fio. 63
Tabela 27 - Calculo VP opção de venda 66
Tabela 28 - DRE para o Projeto Linha Base 68
Tabela 29 - Demonstração de fluxo de caixa para o projeto linha base 69
Tabela 30 – Parâmetros da árvore binomial 70
Tabela 31 – Árvore binomial do projeto linha de Base em cinco estágios 71
Tabela 32 - Árvore binomial opção de expansão 72
Tabela 33 - Árvore binomial opção de abandono 73

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 20

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS 20
1.2 JUSTIFICATIVA 21
1.3 ESCOPO DO TRABALHO 22
1.4 ELABORAÇÃO DOS OBJETIVOS 22
1.5 METODOLOGIA 22
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO 24

2 REVISÃO DE LITERATURA 25

2.1 GERAÇÃO E COMPOSIÇÃO DE RCC 25
2.2 PROPRIEDADE DOS AGREGADOS RCC 29
2.3 VIABILIDADE NAS USINAS DE RCC 30
2.4 PLANO DE GERENCIAMENTO DE JUIZ DE FORA 35
2.5 OPÇÕES REAIS NA AVALIAÇÃO DE INVESTIMENTOS 42

3 DESENVOLVIMENTO 50

3.1 INVESTIMENTO GASTOS TOTAIS E RECEITA. 50
3.2 CÁLCULO DO CUSTO DE CAPITAL E VALOR DA PERPETUIDADE 56
3.3 FUNÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO DO VPL E INCERTEZA DO PROJETO 57

4 RESULTADOS 67

5 – CONCLUSÃO 74

6 REFERÊNCIAS 76

7 ANEXO 5 – TERMO DE AUTENTICIDADE 79

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A produção crescente de resíduos provenientes da indústria da construção civil tem se constituído um grave problema para os municípios, tendo em vista o agravamento dos problemas ambientais urbanos e de saúde pública, decorrente do manejo inadequado desses resíduos Rede de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental (ReCESA).

Segundo John (2001) de 20 a 50% do total de recursos naturais consumidos pela sociedade são destinados à construção civil. A cadeia produtiva da indústria da construção é a principal responsável pela geração de resíduos, correspondendo por cerca de 40% do total gerado. O valor típico de geração de Resíduos da Construção e Demolição (RCD) é igual ou superior à geração de lixo urbano, incorrendo, portanto, em altos custos para a administração pública (GONZÁLEZ; RAMIRES, 2005).

A disposição muitas vezes irregular desse resíduo gera problemas crônicos para as cidades sendo responsável por obstrução e ineficiência dos sistemas de drenagem das cidades provocando enchentes, problemas de captação de água e deslizamentos. Agravam as condições de saúde nas regiões onde são depositados uma vez que servem de habitat para proliferação de parasitas e vetores de doenças como, dengue, leptospirose, cólera, dentre outras. Normalmente os locais de descarte irregular são em lotes vagos ou à margem de cursos d'água principalmente em regiões de periferia ou favelas.

De acordo com Pinto (1999), pode-se estimar como valor médio para geração de resíduos da construção civil como 510kg/hab/ano.

O trabalho que será desenvolvido tem como proposta a análise do impacto na viabilidade do projeto através da elaboração de produtos comerciais produzidos com os agregados gerados. O trabalho não será desenvolvido para um estudo de caso específico, no entanto como parâmetro para análise de mercado e obtenção de dados, a cidade de Juiz de Fora-MG será adotada como referência. A perspectiva adotada para análise do empreendimento será a iniciativa privada, no entanto dados sobre a demanda gerada pela prefeitura serão considerados na análise, assim como possíveis benefícios fiscais que podem ser concedidos considerando o impacto social extremamente relevante do projeto.

1.2 JUSTIFICATIVA

O Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) através da resolução n° 307 de 5 de julho de 2002, prevê a elaboração e implantação de um Plano Integrado para Gerenciamento de Resíduos de Construção Civil para cidades e grandes geradores de resíduos com o intuito de minimar o impacto ambiental gerado pelo setor. Prevê também que grandes obras devam ter Projetos de Gerenciamento dos Resíduos gerados condicionados ao licenciamento dos empreendimentos além da suspensão do descarte desses materiais em áreas de "bota-fora".

Considerando esse cenário, a usina de Resíduo da Construção Civil apresenta uma alternativa sustentável para recebimento desses materiais além de ser um importante veículo de reinserção da matéria prima na cadeia produtiva. Através do conceito de ciclo de vida do produto, tem-se que o reaproveitamento de alguns insumos do setor da construção colabora para a ideia de engenharia sustentável, onde a minimização do descarte deve ser buscada continuamente visando à diminuição da extração de matérias primas, do consumo de energia e do desperdício.

Após as considerações a respeito da relevância socioambiental, é importante considerar o aspecto financeiro e retorno sobre o investimento proporcionado pela indústria de reciclagem da construção civil. Muitos trabalhos a respeito da viabilidade econômica foram desenvolvidos, no entanto poucos abordam os benefícios econômicos que podem ser gerados através da produção de itens de maior valor agregado produzidos com os produtos gerados pelo processo de reciclagem. Para as usinas de RCC a verticalização e produção de itens massivamente discutidos na literatura como blocos de alvenaria para vedação, meio-fio e aplicações em pavimentação, podem impactar significativamente a adaptabilidade, mercado-alvo e sustentabilidade financeira do empreendimento atraindo a atenção do setor privado. Além disso, ampliam as alternativas em termos de tomada de decisões gerenciais como expansão ou contração de operações fazendo com que o horizonte de planejamento seja algo dinâmico, gerando valor através de opções reais.

1.3 ESCOPO DO TRABALHO

A revisão bibliográfica do trabalho busca analisar algumas características de geração de RCC, as análises de viabilidade de Usinas de RCC já desenvolvidos na literatura e comparações entre a sobrevivência de usinas públicas e privadas.

Serão enfatizados também os métodos de análise financeira utilizados no estudo de caso tais como composição de custo de capital, Fluxo de Caixa Descontado e Opções Reais. Após isso o trabalho será estruturado em três partes. Na primeira fase será dimensionada uma usina de reciclagem de resíduos compatível com a cidade de Juiz de Fora - MG e calculado o Valor Presente Líquido sensibilizado pela chegada de resíduos na usina. Na segunda fase serão abordados os incrementos necessários para produção de três tipos de produtos que utilizam os agregados da usina como insumo: blocos de alvenaria, meio-fio/canaleta e pavimentação e alternativas de planos de produção. Na terceira fase será analisado o impacto na viabilidade econômica da usina gerado pela produção dos três ou abandono das atividades através do método de opções reais.

A pesquisa para os parâmetros utilizados serão levantados com empresas, sindicatos e organizações de Juiz de Fora além de dados fornecidos pela prefeitura e visitas técnicas.

1.4 ELABORAÇÃO DOS OBJETIVOS

O trabalho se propõe a analisar e calcular o VPL de uma usina de RCC dimensionada para atender ao mercado de Juiz de Fora-MG. Será calculado também o impacto no VPL da possibilidade de tomada de decisões de expansão e abandono através do método de opções reais.

1.5 METODOLOGIA

O VPL será considerado dentro de um ambiente de incerteza, sensibilizado pela capacidade da cidade de efetivamente gerar e entregar na usina o resíduo classe A possível de ser reciclado. Esse cálculo do VPL será feito através de simulação de Monte Carlo utilizando uma versão de demonstração do software @RISK. Por falta de dados históricos da variável probabilística independente (chegada de RCC na usina) foi utilizada uma distribuição triangular que se aproxima da realidade do mercado, os parâmetros da distribuição triangular

foram obtidos utilizando trabalhos consagrados da literatura de RCC citados na revisão bibliográfica. Também será estudada a melhor estratégia de expansão da empresa através da produção de artefatos de concreto, ou de abandono do projeto dentro do horizonte de análise, considerado de cinco anos. O método de análise de opções reais combinadas calculará o impacto final no VPL do projeto.

Para modelar o ativo de referência (VPL do projeto), será considerado que esse segue o processo estocástico MGB – Movimento geométrico browniano e as equações utilizadas na precificação das opções reais serão obtidas pelo modelo binomial proposto por Cox, Ross e Rubinstein (1979).

Algumas críticas podem ser feitas à análise do projeto através do modelo de opções reais utilizado. Uma delas é em adotar o movimento geométrico browniano para o ativo de referência. Ao aproximar as possibilidades para uma distribuição log-normal estamos inferindo que o valor mínimo para o o VP do projeto estático seria zero, e sua possibilidade de crescimento indefinida, bastando somente aumentar o horizonte de tempo da análise. Essa aproximação faz sentido apenas para empresas do tipo sociedade anônima, como por exemplo as de capital aberto, uma vez que a legislação restringe a responsabilidade financeira do empreendimento ao valor do montante aplicado (logo não existem ações com valor negativo).

Para empresas do tipo limitada, igual ao projeto analisado, os valores podem sim assumir posições negativas, portanto outro tipo de movimento do ativo subjacente pode ser mais interessante, como por exemplo, um movimento aritmético. Ainda sobre a crítica em relação ao movimento log-normal do ativo subjacente, podemos citar que o aumento do VPL para certos períodos deveria estar condicionado a um volume maior de investimento, dada a restrição de produção do investimento inicial Io.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho inicia-se com a etapa de revisão bibliográfica, onde serão tratadas informações sobre os RCCs e suas importâncias, a utilização dos agregados para produção de materiais com aplicação na construção civil, sendo citados os blocos de vedação, demais artefatos e utilização em serviços de pavimentação. A revisão bibliográfica abordará também estudos de casos e trabalhos que versam sobre viabilidade econômica deste tipo de usinas.

Após a revisão bibliográfica será dimensionado uma usina de RCC com base nos dados levantados e projeções feitas para a cidade de Juiz de Fora com base na literatura existente. Somados a usina serão calculados investimentos necessários para produção dos produtos derivados dos agregados reciclados e analisado o melhor plano de produção.

Como última etapa será feita a análise do impacto financeiro das tomadas de decisões de expansão ou abandono na viabilidade econômica da usina de RCC.

Como ferramenta para a análise financeira será utilizado o método do VPL, simulação de Monte Carlo e precificação de opções reais através do modelo binomial. Para elaboração do programa de Planejamento e Controle de Produção (PCP), considerando os três produtos sugeridos, será calculada uma função objetivo linear a ser maximizada.

.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A revisão bibliográfica foi estruturada de modo a apresentar resultados relativos a geração e composição de RCC, levantamento de produtos produzidos com os agregados reciclados, viabilidade econômica das usinas e levantamento das usinas já existentes.

2.1 GERAÇÃO E COMPOSIÇÃO DE RCC

Pode-se denominar como resíduo da construção e demolição os fragmentos resultantes da indústria da construção civil, sendo gerados na construção, reformas e demolição de estruturas de edificações, como prédios, pontes e casas, além de obras urbanas e de saneamento (PORTO; SILVA, 2010; CONAMA, 2002).

Ainda de acordo com a resolução n° 307 do CONAMA (2002), podemos classificar os resíduos da seguinte forma:

- Resíduos Classe A: São os reutilizáveis como agregados, componentes cerâmicos, argamassa, concreto, peças premoldadas em concretos produzidos nos canteiros de obras;
- Resíduos Classe B: São os recicláveis tais como, plásticos, papel, papelão, metais, vidros e madeiras;
- Resíduos Classe C: São os quais, não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem e recuperação tais como os produtos oriundos do gesso.
- Resíduos Classe D: São aqueles perigosos oriundos de construção, tais como, tintas, solventes, óleos, amianto ou aqueles contaminados provenientes de obras de construção de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros.

Cabe ressaltar que, segundo Freitas (2009), a classificação dos RCC em quatro classes, diferentemente da classificação facilita o gerenciamento e destinação correta dos resíduos gerados no empreendimento diminuindo assim o desperdício.

Conforme citado anteriormente, pode-se estimar que para cidades brasileiras de médio porte os resíduos provenientes da construção, manutenção e demolição de obras de construção civil representam 41% a 70% dos resíduos sólidos urbanos. (PINTO, 1999). Também é

considerado pelo mesmo autor que a geração de RCC per capita pode ser estimada pela média como sendo 510 kg/hab/ano, para alguns municípios brasileiros como apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 - Geração de RCC

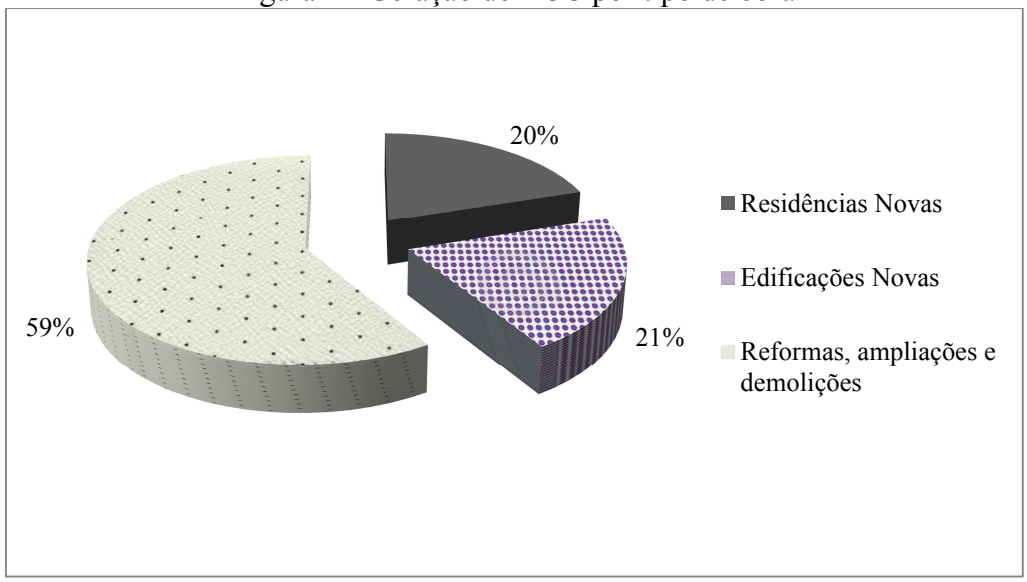
Município/Ano	Geração Diária em ton	Geração per Capta (kg/hab/ano)	Participação em relação a massa de resíduos sólidos urbano
Guarulhos / 2001	1.308 (2)	380	50% (3)
Diadema / 2001	458 (2)	400	57% (3)
Piracicaba / 2001	620 (2)	590	67% (3)
Vitoria da Conquista / 1997	310	400	61%
Jundiaí / 1997 (1)	712	760	62%
São José do Rio Preto / 1997	687	660	58%
Santo André / 1997 (1)	1.013	510	54%
São José dos Campos / 1995	733	470	67%
Ribeirão Preto / 1995 (1)	1.043 (2)	710	70% (2)

(1) PINTO, 1999, P. 40-42
(2) PINTO; GONZALES, 2005a, P.24.
(3) PINTO, 2005. P.8.
Fonte: Careli (2008).

Sobre a geração de RCC, também pode-se estimar o potencial de geração para novas áreas sendo que os valores médios de 199 kg de resíduos/metro quadrado para novas construções residenciais e 176 kg/metro quadrado para novas construções não residenciais. (DEGANI, 2003). Tal informação é de grande importância para avaliar o impacto na geração de resíduos através do crescimento das cidades. Estimou-se também que, para os Estados Unidos, em 1996, foram geradas 136 milhões de toneladas de RCC, sendo 48% gerados nas demolições, 44% oriundos de reformas e apenas 8% de novas construções. (DEGANI, 2003).

O Figura1 abaixo mostra a geração de RCC para 20 cidades brasileiras conforme tipo de obra:

Figura 1 - Geração de RCC por tipo de obra

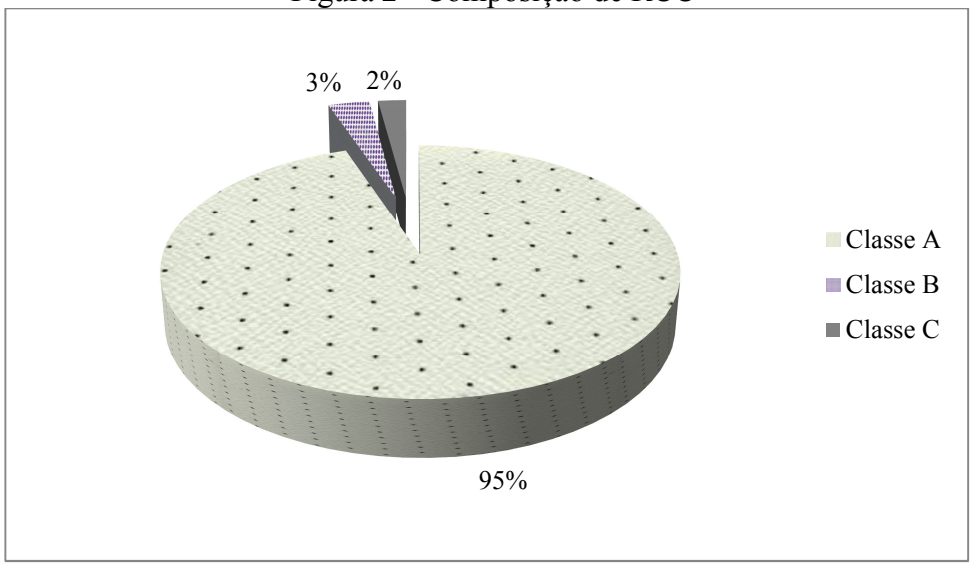


I&T Informações e Técnicas (2005)

Em relação à composição dos RCC, pode-se encontrar os mais diversos tipos de materiais utilizados nas obras, dentre eles pode-se citar argamassa a base de cimento e cal, cerâmicas, concreto, rochas, solos, amianto, gesso, vidro, materiais de origem metálica como aço, chapas de aço; além de madeira, plásticos diversos, material betuminoso, tintas, embalagens dentre outros John (2000).

Diversos trabalhos foram realizados de maneira a levantar os percentuais dos materiais que compõem o RCC. Pode-se citar pesquisa realizada em Passo Fundo – RS, onde, segundo resolução 307 do CONAMA, os resíduos podiam ser separados conforme Figura abaixo apresentando, portanto, alto potencial de reciclagem (BERNARDES et al., 2008).

Figura 2 - Composição de RCC



Dados retirados de (BERNARDES et al., 2008)

A tabela 2 mostra que, para diversas cidades brasileiras, a composição de argamassa, concreto e material cerâmico correspondem juntos a mais de 60% do RCC total, compondo o tipo de resíduo Classe A. Tal fato corroboram demais trabalhos sobre a composição do RCC. (CABRAL, 2007).

Tabela 2 - Composição de RCC por cidade

Constituintes	São Carlos/SP (a)	São Paulo/SP (b)	Porto Alegre/RS ©	Ribeirão Preto/SP (d)	Salvador/BA (e)	Campina Grande/PB (f)	Maceió/AL (g)
Argamassa	63,67%	25,20%	44,20%	37,40%	53,00%	28,00%	27,82%
Concreto	4,38%	8,20%	18,30%	21,10%		10,00%	18,65%
Material Cerâmico	29,09%	29,60%	35,60%	20,80%	9,00%	34,00%	48,15%
Cerâmica polida	0,39%	-	0,10%	2,50%	5,00%	1,00%	3,06%
Rochas, Solos	0,13%	32,00%	1,80%	17,70%	27,00%	9,00%	-
Outros	2,34%	5,00%	-	0,50%	6,00%	18,00%	2,32%
(a)PINTO. 1986 (b) BRITO FILHO. 1999 (c) LOVATO. 2007 (d) ZORDAN. 1997							
(e) QUADROS E OLIVEIRA. 2001 (f) NOBREGA. 2002 (g) VIEIRA. 2003							

Fonte: Cabral (2007).

Uma publicação do SINDUSCON em 2005 demonstra a estimativa levantada por Pinto (1999) de que a geração de RCC responde por 41 a 70% do total de resíduos sólidos urbanos. Isso pode ser visualizado para diversas cidades de São Paulo conforme a tabela 3.

Tabela 3 - Percentual de RCC em relação aos resíduos sólidos

Municípios – SP	**Fonte**	**Geração diária (t)**	**Participação em relação aos resíduos sólidos urbanos (%)**
Campinas	PMC (1996)	1.800	64
Diadema	I&T (2001)	458	57
Guarulhos		1.308	50
Jundiaí		712	62
Piracicaba		620	67
Ribeirão Preto		1.043	70
Santo André		1.013	54
São José do Rio Preto		687	58
São José dos Campos		733	67
São Paulo		17.240	55

2.2 PROPRIEDADE DOS AGREGADOS RCC

Pode-se definir o agregado reciclado como um material granular a ser aplicado na construção civil resultante do processamento de materiais inorgânicos previamente utilizados na construção (PIETERSEN, 1998).

Em termos de aplicabilidade desse material pode-se ressaltar os levantados por (LIMA, 1999), onde o agregado pode ser utilizado em rip-rap para proteção de taludes, na pavimentação, em argamassa de assentamento e revestimento, pré-moldados de concreto, camadas drenantes e cobertura de aterros. Também é levantado por Zordan e Paulson, (1998) a aplicação na produção de guias, sarjetas, meio-fio e demais aplicações que não exijam resistências elevadas.

Uma grande variabilidade pode ser observada nas propriedades dos agregados reciclados, as propriedades físicas e mecânicas são fortemente afetadas pela composição do resíduo processado. Segundo Hansen e Narud (1983), quanto menor a resistência do concreto

original e quanto maior for o percentual de argamassa, pior serão as propriedades mecânicas do concreto reciclado. Em relação aos agregados não reciclados as principais diferenças são em relação à absorção de água que influencia a resistência e porosidade do concreto produzido, menor resistência mecânica dos grãos e heterogeneidade do material (LIMA, 1995). Como maneira de reduzir essa grande variabilidade, diversos autores apresentaram métodos que visam homogeneizar os resíduos antes da etapa de britagem e misturar os agregados produzidos antes de sua utilização.

A maior absorção de água do agregado reciclado é um grande problema para trabalhabilidade do material e prejudicam a durabilidade do concreto e argamassas produzidos. (LIMA, 1999). Essa maior absorção de água do agregado varia diretamente com a quantidade de cerâmica presente no resíduo reciclado e com a quantidade de argamassa presente. Quanto maior a presença de concreto e rocha melhor para as propriedades do agregado. Como maneira de trabalhar esse problema é necessário um período de pré-umidificação do material, no entanto conforme levantado por Jadovski (2005) em dissertação de mestrado, não há consenso na literatura sobre a duração desse período.

2.3 VIABILIDADE DAS USINAS DE RCC

Diversos trabalhos sobre a viabilidade econômica das usinas foram realizados. No entanto, a maior parte deles se restringe ao estudo da geração de receita na revenda dos agregados, tanto os peneirados e re-britados (pedrisco, areia, brita 0, brita 1 ou brita 2) quando dos agregados oriundos de materiais cerâmicos ou sem peneiramento (base-corrida) cuja aplicação principal é em pavimentação. Os trabalhos também costumam ser focados em um estudo de caso específico, em uma cidade especifica, mas apesar disso, os dados utilizados para estimação do potencial de reciclagem da usina são baseados em estimativas de geração de resíduos generalistas apresentados anteriormente ou com base em experiências observadas em outras cidades. Tal característica é observada devido a dificuldade de levantar dados concretos sobre a destinação do volume real de RCC gerado, dado o grande número de aterros não licenciados, deposições irregulares e informalidade e falta de fiscalização tanto na destinação da geração de pequenos volumes quanto do controle e supervisão das empresas locadoras de caçambas para remoção de entulhos.

Normalmente os trabalhos possuem um grande foco no levantamento dos custos, separando-os em grandes grupos como investimento em equipamentos, terreno e instalações preliminares, mão-de-obra direta, custos administrativos, manutenção e impostos. O grau de detalhamento dos trabalhos varia muito, assim como a capacidade de produção da usina, refletindo a grande variedade de volume de RCC gerado de acordo com o perfil das cidades objetos de estudo.

A maior parte dos trabalhos desenvolvidos apontam viabilidade econômica do empreendimento, principalmente se considerado como iniciativa pública, onde alguns custos podem ser diminuídos ou algumas expectativas flexibilizadas visto o benefício social do objeto de trabalho da usina, mas na prática pode-se observar uma grande taxa de fechamento de empreendimentos de reciclagem de RCC indicando talvez uma subestimação da necessidade de gerar planos mais detalhados da produção e dos custos da usina, incapacidade da absorção do potencial de produção de agregados pela prefeitura e dificuldade de serem criadas medidas concretas para estimular o consumo de materiais reciclados.

De acordo com Miranda (2009), até o ano de 2002, o país contava com 16 usinas, possuindo uma taxa de crescimento mais reduzida (até três usinas inauguradas por ano). Após a publicação da resolução CONAMA 307 e o exemplo de gestão pública bem-sucedida de Belo Horizonte, essa taxa de crescimento aumentou (de três a nove usinas instaladas por ano). Atualmente, já podem ser citadas pelo menos 47 usinas de reciclagem, sendo 24 públicas (51% do total) e 23 privadas (49% restante). Das 36 usinas que estão em operação ou em instalação, 15 (42%) são públicas e 21 (58%) são privadas.

Dados mais recentes, referentes a 2012 fornecidos pela ABRECON (Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição) demonstram um crescimento vertiginoso do número de usinas ativas ou em implantação chegando a 143 usinas implantadas considerando as públicas, privadas, ativas, em implantação e inativas.

Região	Total de Usinas	Ativas		Em Implantação		Inativas	
		Privada	Pública	Privada	Púbica	Privada	Pública
Brasil	143	48	11	51	11	8	14
Sudeste	100	40	8	27	5	6	14
Estado de São Paulo	79	36	5	17	13	5	3
Grande São Paulo	23	16	2	4	0	1	0
Sorocaba e Região	3	2	1	-	-	-	-

Tabela 4 - Dados sobre usinas de RCC ABRECON (2012)

Comparando os dados levantados por Miranda (2009) com os dados referentes a 2012 fornecidos pela ABRECON, é interessante ver o aumento significativo do investimento privado no setor, fazendo com que sua participação passasse de 49% para 84% no caso de usinas em atividade. Tal interesse da iniciativa privada no setor corrobora o valor econômico percebido por empresários e demonstrando na prática a viabilidade econômica dos empreendimentos que vem sendo apresentado na literatura.

Um problema que vale ser ressaltado é que apesar do grande aumento dos investimentos, principalmente os privados, pouco diminuiu o percentual de usinas inativas, mantendo-se superior a 20% de 2009 até 2012 conforme pode ser observado nos Figuras 4 e 5, mostrando a pouca mudança do mercado consumidor dos produtos reciclados que continua inviabilizando economicamente um grande número de usinas. Pode-se concluir que poucas atitudes foram tomadas para melhorar a competitividade ou atratividade dos agregados produzidos. Apesar do aumento de investimento em reciclagem, pouco foi o investimento na utilização e aplicação do material reciclado. Iniciativas para estimulo da produção de materiais a partir do agregado reciclado e medidas que visam estimular o consumo do material produzido com agregados reciclados poderiam diminuir o percentual de usinas inativas já que iriam gerar valor para o setor aumentando o mercado consumidor.

Figura 3 - Percentual de usinas ativas e inativas.

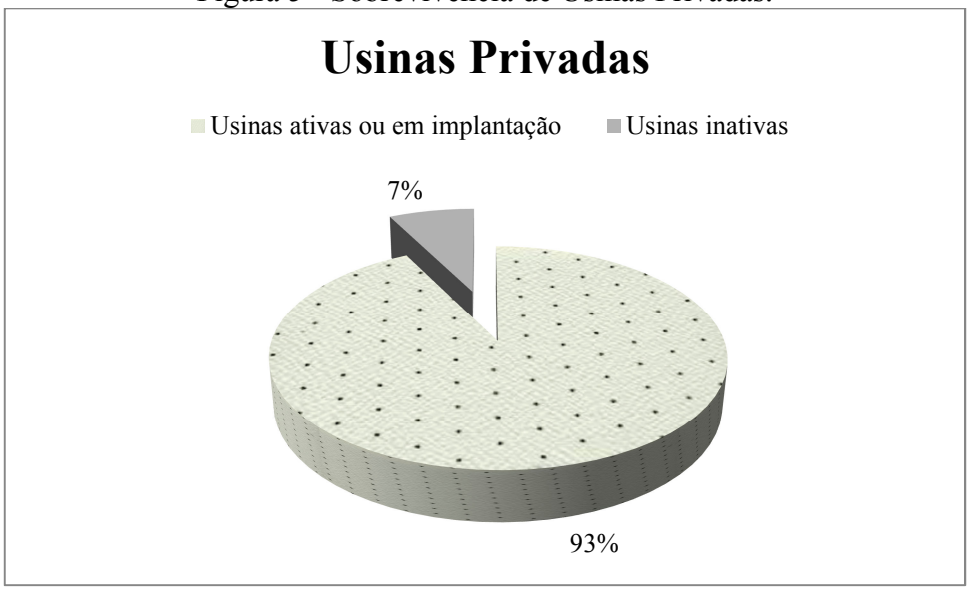
Fonte: Miranda (2009).

Figura 4 - Percentual de usinas ativas e inativas.

Fonte: ABRECON (2012).

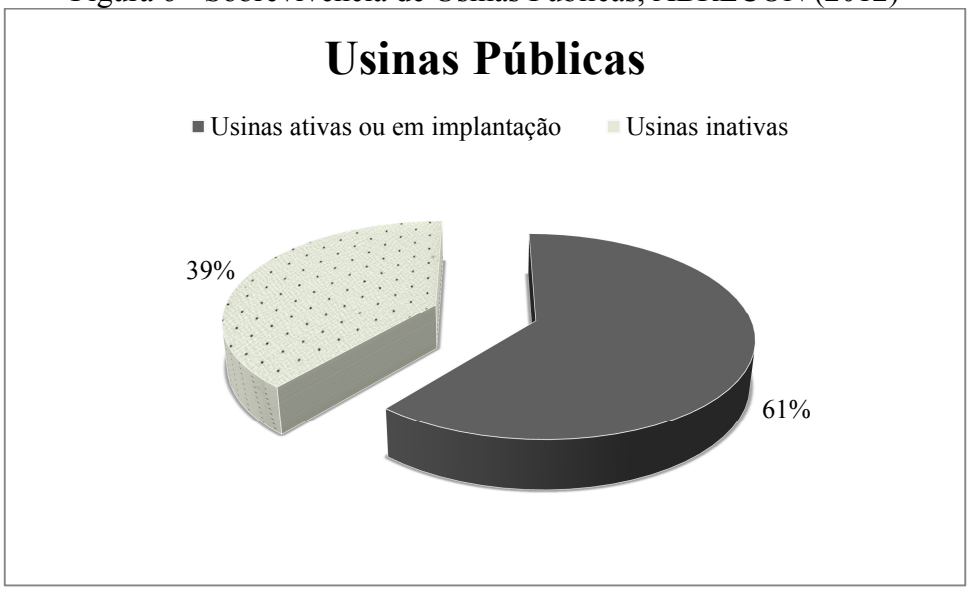
Outro dado interessante que pode ser observado na tabela 4 é que das usinas inativas, somente 40% são de iniciativa privada mesmo existindo muito mais usinas privadas do que pública. Tal fato demonstra maior competência da iniciativa privada para lidar com questões administrativas e de gestão, maior adaptabilidade às condições do mercado e maior velocidade para lidar com as contingências que ocorrem durante a operação e vida do empreendimento. Essa grande diferença pode ser verificada nos dados dos Figuras 6 e 7 abaixo.

Figura 5 - Sobrevivência de Usinas Privadas.



Fonte: ABRECON (2012).

Figura 6 - Sobrevivência de Usinas Públicas, ABRECON (2012)



Fonte: ABRECON (2012).

Conforme citado por Miranda (2009) alguns motivos ligados a maior ineficiência das usinas públicas pode ser referente aos seguintes aspectos:

(a) Mudança de gestão ou desinteresse desta; e

(b) Dificuldades na manutenção/operação da usina por falta de pessoal tecnicamente preparado ou demora na obtenção de verbas para compra de peças de reparo.

2.4 PLANO DE GERENCIAMENTO DE JUIZ DE FORA

Em 2010 foi desenvolvido o plano de gerenciamento de resíduos pela Prefeitura de Juiz de Fora – PJF em parceria com a Universidade Federal de Juiz de Fora – UFJF, tendo como coordenador do estudo o professor Pedro Kopschitz Xavier Bastos e o engenheiro Heber de Souza Lima (BASTOS, LIMA,2010).

O escopo do trabalho abrangeu:

- Histórico do tratamento de RCC na cidade de Juiz de Fora;
- Perfil das deposições de resíduos de RCC;
- Agentes envolvidos e administração do município;
- Estimação do volume gerado;
- Programa de gerenciamento dos resíduos;
- Análise financeira;
- Projeto de gerenciamento do plano e diretrizes para implantação.

O estudo serve como referência para criação e implantação do plano de gerenciamento de RCC pela prefeitura. No entanto, tal projeto não foi implementado devido a restrições de orçamento e dificuldades administrativas gerais ligadas ao planejamento e procedimentos internos da prefeitura.

Posteriormente foi desenvolvida a ideia de terceirizar, através de uma concessão ou concorrência pública, a implantação e administração da usina, ficando a cargo da prefeitura a criação de URPV's, fiscalização das deposições irregulares e desenvolvimento do plano de gerenciamento. Devido a dificuldades jurídicas quanto ao enquadramento do objeto do edital e também devido a restrições financeiras, a usina de reciclagem de RCC não foi licitada. Vale ressaltar que, no Brasil, não existe usina de reciclagem funcionando como parceria público-privada ou no regime de concessão. Todas são exclusivamente privadas ou públicas. Tal estratégia se mostra muito interessante pois poderia combinar a maior competência da administração privada para sobrevivência da usina com maior vantagem competitiva que pode ser fornecida pela prefeitura através de isenções fiscais, fornecimento de área para funcionamento e através da compra do agregado reciclado para utilização em obras públicas.

No que se refere à Usina de Reciclagem de Resíduos, peça chave no plano integrado de gerenciamento de resíduos uma vez que é a estrutura responsável por fazer a reinserção do

agregado utilizado na cadeia produtiva, alguns dados de significativa relevância foram levantados no estudo.

No que se refere aos insumos de entrada na usina, principalmente o resíduo da construção de demolição, dois métodos de análise e estimação foram utilizados. Um método direto somando o volume de resíduo gerado pelos agentes e métodos indiretos, baseados em parâmetros de mensuração mais simples tais como área total de obras liberadas, número de habitantes e geração de resíduos totais. Conforme citado anteriormente estima-se a geração de RCC por 0,5 toneladas/hab/ano e que o total de RCC estaria entre 41 a 70% da geração total de resíduo das cidades (PINTO, 1999).

Abaixo segue a tabela 5 que demonstra os valores estimados pelos dois métodos. É importante salientar que devido a grande dificuldade de mensurar o volume de RCC ou até mesmo parâmetros quantitativos da economia informal e principalmente das deposições irregulares, os métodos diretos costumam apresentar estimativas de volume inferiores ao proposto por Pinto (1999) em relação a geração de RCC para cidades de porte médio 700 a 1000 de toneladas por dia.

Tabela 5- Geração de RCC em Juiz de Fora

Critério	**Massa de RCC diária (t/dia)**	**Número mais próximo da realidade (t/dia)**
Municípios Brasileiros de Porte Médio	700	
Juiz de For a		
Salvaterra + Barreira do Triunfo (aterros licenciados em Juiz de Fora)	330	660
Estimativa baseada no número de habitantes	947	
Estimativa Baseada na área de obras novas aprovadas*	257	780
Estimativa baseada na área total de resíduos sólidos urbanos coletados**	487	

Fonte: Bastos (2010)

(*) A construção formal pode gerar apenas 1/3 do total de RCC de um município Pinto (1999).

(**)Estudos como o de Daltro Filho (2005) em Aracaju mostram que o volume total de RCC pode chegar a 65% do total de resíduos sólidos coletados na cidade.

A análise foi desenvolvida com base em um plano financeiro. A estrutura do plano financeiro buscou definir os investimentos necessários para uma usina de 40 ton/hora, o que condiz com a maior parte das usinas públicas e privadas em operação. Com base no método de funcionamento das usinas em operação, foram levantados além do investimento inicial os custos operacionais, despesas e impostos, levantando assim todos os gastos responsáveis por saídas de caixa. Para cálculo do lucro líquido também foi considerado uma depreciação pelo método linear durante o período de cinco anos. A vida útil considerada para análise financeira foi de dez anos.

Além dos gastos, depreciação e investimento inicial, foi estimada a geração de caixa da usina. Estipulando um preço de venda para o agregado reciclado e considerando que as vendas seriam próximas a 100% da capacidade da usina somente a partir do sexto mês, foram projetadas as receitas brutas mensais. Segue abaixo o resumo do plano financeiro do trabalho com os principais resultados estimados (BASTOS, 2010):

Figura 7 – Investimento Inicial

Investimento	**Descrição**	**Valor (R$)**
Instalação da usina	Projetos, construção (escritório, almoxarifado, oficina), equipamentos (pá carregadeira e usina)	R$ 985.998,90
Escritório	Construção, móveis e equipamentos (computadores e ar condicionado)	R$ 130.742,21
Marketing	Consultoria, lançamento, treinamento, material gráfico, divulgação	R$ 27.400,00
Capital de giro inicial (6 meses de custos e despesas fixas, exceto depreciação).		R$ 169.760,24
Total		R$ 1.313.901,35

Fonte: Bastos (2010)

Na tabela 6 abaixo segue proporção dos agregados utilizados para projeção da receita bruta:

Tabela 6- Proporção dos agregados produzidos

Material	Dimensão mínima (mm)	Dimensão Máxima (mm)	Percentual de Produção
Pedra marroada	20	76,2	59,30%
Brita 1	10	20	15,60%
Brita 0	5	10	10,50%
Areia / Pedrisco	0	5	14,60%

Fonte: Bastos (2010)

Para o cálculo do volume total mensal gerado para cada um dos materiais produzidos, foi considerado o cenário pessimista de geração de 700 toneladas de RCC por mês. Foi considerado também que 50% desse resíduo será composto por material classe A (reciclável) e que 50% seria efetivamente entregues na usina. Essas considerações estão alinhadas com os demais trabalhos apresentados na revisão bibliográfica. Abaixo seguem os preços de referência para cálculo da receita bruta:

Tabela 7 - Preço de venda dos agregados

Material	**Preço**
Brita marroada	R$ 22,00
Brita # 1	R$ 27,00
Brita # 0	R$ 27,00
Areia / pedrisco	R$ 25,00

Fonte: Bastos (2010)

Levantamento dos gastos totais e depreciação exceto impostos conforme Figura 9:

Figura 8 – Custos Variáveis

Material de desgaste	R$34.000,00 por ano para substituição da mandíbula, do revestimemento e das três telas. Estimou-se em R$0,81 por m^3 produzido.
Energia Elétrica	A média de consumo de energia elétrica de uma Usina com capacidade semelhante à proposta é de 10.000 kWh. Dividindo este consumo pela capacidade de produção obtém-se 1,67 kWh/m^3. Adotando o valor de R$ 0,22 por kW, estima-se um gasto de R$ 0,37 para cada m produzido.
Água	O consumo de água considerado no beneficiamento dos produtos foi de 13,71 litros por m3 produzido. Estima-se o valor de R$ 0,051 por unidade produzida
Material rodante (correia transportadora, cilindros, etc)	R$ 0,05 por m3 produzido.
Combustível (pá carregadeira)	R$ 1,19 por m3 produzido.

Fonte: Bastos (2010).

Como custos operacionais fixos e demais gastos foram estimados os seguintes valores mostrados na Tabela 8:

Tabela 8 – Custos fixos, despesas e depreciação

Custos fixos, despesas totais e depreciação	
Depreciação da usina	5 anos
Depreciação materiais de escritório	5 anos
Salários diretos e Encargos	R$ 12600,00 / mês
Aluguel do terreno	R$ 3640,00 / mês
Pró-Labore, salários indiretos e encargos	R$ 9985,00 / mês

Fonte: Bastos (2010).

De posse dos dados acima, onde foram demonstrados os investimentos necessários, gastos totais, volume e preço de venda para cálculo do faturamento, foi projetado a Demonstração de Resultado (DRE) e o fluxo de caixa livre da empresa através da seguinte fórmula (ROSS, 1998):

FCE = LAJI + Depreciação – Impostos – ACGL – Gasto Líquido de Capital

Equação 1 – Fluxo de Caixa Livre (FCFF)

Onde:

FCE = Fluxo de caixa da empresa;

LAJI = Lucro antes de juros e impostos;

ACGL = Acréscimo a capital de giro líquido (CGL final – CGL inicial);

Gastos Líquidos de Capital = Saldo final do ativo permanente – Saldo inicial do ativo permanente + depreciação.

Após a projeção do fluxo de caixa livre para a empresa, foi adotado o método do fluxo de caixa descontado para análise do valor da empresa. Segundo a teoria moderna de finanças corporativas, iniciada em 1958 por Modigliani e Miller, o valor de uma empresa é igual ao valor presente de sua capacidade futura de geração de caixa. Portanto, para estimar o valor da usina foi utilizado o conceito do Valor Presente Líquido (VPL) para calculo do valor presente do FCE.

O cálculo do VPL consiste basicamente em transformar um valor que será gerado no futuro ao valor presente descontando o custo do dinheiro no tempo a uma taxa pré-determinada, denominada taxa de desconto. Para o estudo desenvolvido, foi determinada uma taxa de desconto equivalente ao custo de capital próprio. O valor foi baseado no modelo *Capital Asset Pricing Model* (CAPM), no entanto não foi feita referência sobre o calculo da estimativa do beta do modelo. Os valores da taxa livre de risco e o prêmio por risco podem ser facilmente encontrados no mercado. No entanto o cálculo do Beta, que mede o nível de risco do ativo em relação ao risco sistemático do mercado, só pode ser obtido pelo coeficiente de correlação linear dos retornos do ativo em função dos retornos de mercado. Quando a empresa não possui histórico de seus retornos (cotações) normalmente utiliza-se os betas de empresas listadas na bolsa que possuem o mesmo perfil de risco e atividade da empresa analisada. Para o empreendimento abordado no estudo isso não é possível, pois não existe empresa na bolsa com as configurações do empreendimento analisado, sendo necessário portanto, utilizar o bom senso ao definir o valor de beta.

Conforme exposto por M&M (1958), quando uma empresa não possui alavancagem financeira, o custo do capital próprio é o mesmo que o custo médio ponderado de capital (CMPC), portanto qualquer uma das taxas pode ser usada para descontar o FCE e assim encontrar o valor da empresa.

Descontando então os fluxos livres projetados pelo valor estipulado para o custo de capital próprio (1,30% a.m.), foi encontrado o VPL de R$ 59.528,78, mostrando a viabilidade do empreendimento (BASTOS, 2010).

Outra ferramenta utilizada na análise financeira foi o cálculo da Taxa Interna de Retorno (TIR). O método da TIR está intimamente ligado ao método do VPL, uma vez que a TIR é a taxa de desconto que faz o VPL igual a zero. O método da TIR apresenta alguns inconvenientes quando os fluxos de caixa são não convencionais (diversas raízes), o que não é o caso do estudo apresentado. A TIR encontrada foi de 1,39% e por ser superior a taxa de desconto, demonstra que o projeto é atrativo. Também foi calculado o payback simples, tempo até que o caixa livre acumulado seja igual ao investimento inicial sem considerar a perda do dinheiro no tempo. O valor encontrado foi de 60 meses (BASTOS, 2010).

2.5 OPÇÕES REAIS NA AVALIAÇÃO DE INVESTIMENTOS

A correta avaliação de um investimento é um ato complexo uma vez que depende da estimação de diversos cenários e diferentes variáveis, normalmente é irreversível e significa o adiamento ou exclusão de outro investimento, portanto é fundamental que seja bem estimada para o acionista saber, antes da tomada de decisão, se poderá gerar retorno acima de seu custo de capital.

Existem diversos métodos e ferramentas para auxiliar na tomada de decisão de investimento, sendo o método do Fluxo de Caixa Descontado (FCD) a ferramenta mais utilizada e difundida atualmente. Conforme citado anteriormente, esse método utiliza as projeções do fluxo de caixa futuro que serão geradas pelo investimento ao longo da sua vida útil, descontadas ao seu custo de oportunidade. Desta forma, se o Valor Presente Líquido (VPL) de um empreendimento for positivo, o projeto gera valor para a empresa; caso seja negativo, destrói valor e o projeto não deve ser implementado.

Conforme exposto por Damodaran (2010), a análise por FCD pode ser generalizada da seguinte forma:

$$VPL = \sum_{t=1}^{t=n} \frac{CF_t}{(1+r)^t}$$

Equação 2 - VPL

onde:

n = vida útil do ativo

CFt = Fluxo de caixa no período t

r = taxa de desconto que reflete o risco inerente aos fluxos de caixa estimados

Para ativos sem vida útil definida, como é o caso da maioria das empresas, e do estudo que será abordado, o analista deve projetar o fluxo de caixa para o maior período de tempo possível e, ao final do último período, calcular o valor da perpetuidade do ativo. É importante ressaltar que muitas vezes a limitação de dados para projeção dos fluxos de caixa faz com que sejam projetados poucos anos de fluxos para a empresa, o que aumenta a importância do correto cálculo da perpetuidade ou valor residual do ativo.

O valor final de um ativo pode ser calculado da seguinte maneira:

$$Valor\ Final = \frac{CF_{t+1}}{(r - taxa\ de\ crescimento\ estável)}$$

Equação 3 - VPL Fluxo Perpétuo

onde:

taxa de crescimento estável = taxa que a empresa espera crescer no longo prazo.

De todas as variáveis envolvidas no cálculo do fluxo de caixa descontado, a taxa de crescimento estável é a que usualmente causa maior efeito sobre o valor da empresa. A empresa não pode crescer no longo prazo acima da taxa de crescimento do setor em que atua. Porém, usualmente, a taxa de crescimento de um setor é formada pela taxa de crescimento acelerado de empresas novatas e taxas mais estáveis de empresas maduras. Assim, é recomendável que o analista seja conservador e considere a taxa de crescimento estável menor que a taxa de crescimento do setor. No estudo de caso que se segue será adotada taxa de crescimento g=0.

Quanto ao fluxo de caixa relevante, o teoricamente correto é utilizar os fluxos operacionais usualmente denominados 'fluxo de caixa livre para a empresa' (FCFF). Os fluxos de caixa livres para a empresa são a soma dos fluxos de caixa disponíveis para todos os detentores de direitos da empresa, acionistas e credores.

Os fluxos de caixa devem ser descontados a uma taxa que reflita o risco inerente ao projeto. Desta forma, tudo mais constante, quanto maior for a volatilidade dos fluxos de caixa, maior será a taxa de desconto.

Quando se utilizam os fluxos de caixa livre para a empresa, a taxa de desconto adequada tem que refletir o risco da estrutura de capital da empresa como um todo, considerando o capital próprio e as dívidas, expressa da seguinte maneira:

$$WACC = k_e \left[\frac{E}{D + E}\right] + k_d [\frac{D}{E + D}]$$

Equação 4 - Custo Médio Ponderado de Capital

onde:

WACC = Custo médio ponderado de capital

Ke = Custo do capital próprio

Kd = Custo do capital de terceiros após algum eventual benefício fiscal

E= Valor de mercado do capital próprio

D = Valor de mercado do capital de terceiros

Para o cálculo do custo de capital de terceiros, utiliza-se o custo médio ponderado de todas as dívidas da empresa. Para obtenção do custo de capital próprio, o modelo de risco e retorno que é padrão na maioria das análises é o CAPM que já foi citado anteriormente na equação 1.

Outra alternativa é analisar o fluxo de caixa livre para o acionista (FCFE), nesse caso o fluxo disponível segue a seguinte relação abaixo:

$$FCFE = FCFF - Fluxo\ de\ Caixa\ aos\ credores$$

Equação 5 – Identidade fluxo de caixa

Por já descontar os custos de juros e amortizações, ao adotar essa metodologia de análise os fluxos futuros devem ser descontados somente da taxa de capital próprio, ke.

Apesar de amplamente utilizado, o método de avaliação por FCD possui algumas limitações que podem levar a uma análise equivocada do investimento. A mais importante diz respeito ao fato do método ser baseado apenas nas informações disponíveis no momento em que a análise está sendo desenvolvida e, desta forma, considerar que os valores dos fluxos esperados do investimento prevalecerão no futuro. Assim, o método não permite incorporar as flexibilidades que o projeto pode ter ao longo de sua vida útil. A análise de investimento baseada no FCD é especialmente falha quando o projeto está sujeito a grandes incertezas e há flexibilidade gerencial.

De acordo com Dixit e Pindyck (1994), boa parte das decisões de investimento possuem as seguintes características: (i) o futuro é incerto, ou seja, existe incerteza com relação aos fluxos futuros esperados do projeto; (ii) a decisão do investimento é irreversível (totalmente ou em parte); (iii) existe flexibilidade com relação ao *timing* de execução do projeto, pois é possível adiar o investimento e obter mais informações ao longo do tempo (apesar de a informação nunca ser totalmente suficiente para eliminar toda a incerteza do projeto). Uma vez consideradas essas características, a decisão ótima de investimento pode ser tomada, porém o método do FCD não consegue lidar com essas três características.

Trigeorgis (1996) indica algumas flexibilidades que podem ocorrer ao longo da vida útil dos projetos:

- postergar um projeto;
- abandonar um projeto que se mostrou não rentável;
- expandir o projeto;
- reduzir o investimento;
- cancelar temporariamente as operações;
- alterar usos (insumos e produtos);
- opções de crescimento.

Se, ao longo da vida útil do projeto, uma ou mais flexibilidades não for considerada, a avaliação estará viesada. O valor dessas flexibilidades, ou opções, poderá ser valorado através do método de opções reais.

A metodologia de opções reais utiliza o fundamento teórico das opções financeiras para avaliar investimentos que possuem incerteza e flexibilidade gerencial. Desta forma, consegue captar o valor gerado pelas flexibilidades, ou seja, contribui para fechar a lacuna deixada pelo método FCD. É importante ressaltar que as duas metodologias são complementares. Assim sendo, o valor de um projeto pode ser definido como:

Valor do investimento/projeto = VPL + Valor Presente das Opções

A mensuração do valor das opções segue a mesma lógica das opções financeiras. De acordo com Hull (2002), existem dois tipos básicos de opções financeiras: opção de compra (*call*), que proporciona ao seu detentor o direito de comprar o ativo objeto em certa data por determinado preço, e a opção de venda (*put*), que proporciona ao detentor o direto de venda de determinado ativo, em determinada data, por determinado preço. O titular da opção tem o direito de exercê-la, porém não o dever, ou seja, pode decidir o que fazer. O preço do contrato é conhecido como preço de exercício e sua data é conhecida como data de vencimento. As chamadas opções americanas podem ser exercidas a qualquer momento até a data de seu vencimento e as opções europeias podem ser exercidas somente no dia de seu vencimento. Assim sendo, o valor da opção europeia é no máximo igual ao valor da opção americana.

Segundo Hull (2002), uma *call* tem a seguinte função de remuneração:

$$\max (St - X, 0)$$

onde:

St = preço final do objeto de negociação

t = data do vencimento

X = preço de exercício

Uma *call* só será exercida se St > x.

Seguindo a mesma lógica, uma *put* terá a seguinte função de remuneração:

$$\max\ (X - St, 0)$$

Sendo assim, a *put* será exercida se x > St.

As principais variáveis que afetam o preço das opções financeiras são o valor do ativo subjacente, o preço do exercício, o tempo para o vencimento, a volatilidade do ativo subjacente, a taxa de juros livre de risco e os dividendos esperados durante a vida da opção (HULL, 2002).

No início da década de 70, Black e Scholes (1973) derivaram um modelo para precificação de opções europeias partindo do pressuposto que o preço de uma ação segue um processo estocástico conhecido como Movimento Geométrico Browniano (HULL 2002).

O modelo abarca as seguintes premissas:

1) o preço dos ativos tem uma distribuição lognormal, com retorno do ativo (μ) e volatilidade do preço do ativo (σ) constantes;
2) é permitida a venda a descoberto de títulos, com total utilização dos recursos;
3) não há custos de transação nem impostos. Todos os títulos são perfeitamente divisíveis;
4) não há dividendos durante a vida do ativo;
5) não há oportunidades de arbitragem sem risco;
6) a negociação com títulos é contínua;
7) a taxa de juros livre de risco de curto prazo, r, é constante e igual para todos os vencimentos.

Partindo dessas premissas, a equação que calcula o preço de uma opção de compra do tipo europeia é:

$$C = SN(d_1) - Xe^{-rt}N(d_2)$$

$$d_1 = \frac{[Ln\left(\frac{S}{X}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)t]}{\sqrt{\sigma^2 t}}$$

$$d_2 = d_1 - \sqrt{\sigma^2 t}$$

Equação 6 – Modelo Black e Sholes para call européia

sendo que :

C = valor de uma opção de compra europeia

S = valor do ativo subjacente

X = preço de exercício da opção

t = vida remanescente até o vencimento da opção

r = taxa de juros livre de risco correspondente à vida da opção

σ^2 = variância do ativo subjacente

O modelo de Black e Scholes (1973), apesar de sofisticado, não pode ser usado para calcular o valor de uma opção americana. Desta forma, procedimentos numéricos e aproximações analíticas precisam ser utilizadas para resolver o problema. O modelo binomial em tempo discreto de Cox, Ross e Rubinstein (1979) permite calcular o valor de qualquer opção tomando por base o valor do ativo objeto evoluindo no tempo de maneira discreta e segundo um processo estocástico. Para ativos financeiros, o processo estocástico mais utilizado para descrever os preços é o Movimento Geométrico Browniano (MGB)**.**

$$dS = \mu S dt + \sigma S dz$$

Equação 7 – Movimento do ativo de referência

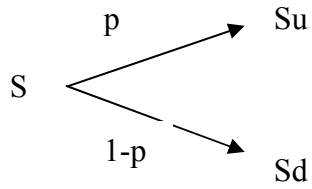
A equação acima é o modelo de comportamento de ativos chamado de Movimento Geométrico Browniano (MGB), onde σ é a volatilidade do preço da ação e μ é a taxa de crescimento esperada. Além disso, tem-se como premissa que o preço da ação segue uma

distribuição de probabilidade lognormal, sendo sua taxa de variação (retorno) normalmente distribuída.

Simulado o comportamento do preço do ativo objeto, o modelo binomial tem solução matemática relativamente simples ao representar graficamente o comportamento de um determinado ativo ao longo do tempo de duração da opção.

O modelo assume que os movimentos de preços do ativo sejam compostos por um grande número de pequenos movimento binomiais, ou seja, a cada intervalo de tempo é possível haver uma alta ou baixa do valor do ativo.

A cada instante de tempo T o preço do ativo sai de seu valor inicial S e é multiplicado por uma variável aleatória que pode assumir os valores u e d. Assim, o valor do ativo será S_u ou S_d.



Como a média (μ) e a variância σ^2 dos retornos S são iguais aos parâmetros do Movimento Geométrico Browniano (MGB), tem-se que:

$$u = e^{\sigma\sqrt{\Delta t}}$$

$$d = e^{-\sigma\sqrt{\Delta t}}$$

Portanto, assumindo a eficiência do mercado que elimina posições de arbitragem, temos que para a probabilidade risco-neutra de alta p e 1-p a probabilidade risco-neutra de queda a seguinte equação:

$$p = \frac{e^{rt} - d}{u - d}$$

Equação 8 – Probabilidade risco-neutra

Essa abordagem torna a solução do problema de opções reais por árvores binominais bastante simples, pois as probabilidades neutras ao risco, que são utilizadas para descontar os fluxos de caixa da opção, permanecem constantes por todo o período de vida da opção.

Tourinho (1979) foi o primeiro a utilizar o arcabouço teórico de opções financeiras para valorar projetos de exploração de recursos naturais, com incerteza e opções, marcando o início da literatura que passou a ser chamada de Teoria das Opções Reais (TOR).

Posteriormente, nas décadas de 80 e 90, diversos autores contribuíram para a consolidação e desenvolvimento da TOR. Pode-se citar como referência as contribuições de Brennan e Schwartz (1978), McDonald e Siegel (1986), Trigeorgis (1993) e os clássicos livros texto de Dixit e Pindyck (1994) e Trigeorgis (1996). Dias (2005) faz uma ampla revisão da literatura de opções reais indicando como a teoria evoluiu nas décadas de 80 e 90 e destacando a sua crescente utilização pelas empresas, especialmente da área de petróleo.

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 INVESTIMENTO, GASTOS TOTAIS E RECEITA.

Para o desenvolvimento do trabalho foram utilizados dados levantados em trabalhos anteriores, visitas técnicas, cotações no mercado de Juiz de Fora – MG, tabelas de referência para composição de preço, manual de fabricantes de máquinas e equipamentos além de simulações de variáveis a fim de obter resultados realistas que possam embasar trabalhos futuros na área.

Para estimação dos custos operacionais fixos, variáveis e despesas administrativas, estimativa da entrada de RCC tipo A na usina, pureza do resíduo recebido e proporção dos agregados reciclados, além do trabalho desenvolvido por Bastos (2010), foi realizada visita técnica na Usina de RCC localizada na Br040 km 531 gerenciada pelo município de Belo Horizonte a fim de determinar com precisão as equipes produtivas e gastos totais.

De posse das equipes produtivas necessárias levantadas após a visita e revisão bibliográfica, foi calculado o investimento inicial cotando os equipamentos utilizados na usina com fabricantes do setor. Para viabilizar o empreendimento dado o alto investimento inicial, foi feita uma simulação de financiamento com 25% de entrada e pagamento em 60 meses utilizando taxa de juros do BNDES da linha Finame PSI, muito utilizada para equipamentos do setor de construção pesada, tais como o britador, caminhão e carregadeira que foram necessários. Abaixo estão apresentadas as tabelas 10 e 11 que descrevem cada um dos itens de investimento em equipamento necessários para operação, além dos custos de implantação, mobilização e legalização da usina. Está apresentada também a tabela 13 que simula o financiamento do investimento em equipamentos mostrando ano a ano as parcelas pagas e valor relativo ao juros, considerando uma entrada de 25% e juros de 7% a.a. (FINAME PSI + spread bancário).

Custos de Instalação e Mobilização	Qde	Vlr. Unitário	Vlr. Total
Licenças			
Elaboração de licença ambiental	1	R$ 1.450,00	R$ 1.450,00
Projetos			
Elaboração de projeto de instalação do britador	1	R$ 4.650,00	R$ 4.650,00
Elaboração de projeto hidráulico	1	R$ 1.900,00	R$ 1.900,00
Elaboração de projeto elétrico e iluminação	1	R$ 2.000,00	R$ 2.000,00
Elaboração de projeto arquitetônico e revitalização	1	R$ 2.500,00	R$ 2.500,00
Instalação de Placas ou Letreiros	1	R$ 6.300,00	R$ 6.300,00
Reforma	1	R$ 9.000,00	R$ 9.000,00
Mobilização dos Equipamentos			
Carregadeira Caterpillar 924 H	1	R$ 7.200,00	R$ 7.200,00
Britador, Esteiras e Painel Elétrico	1	R$ 21.000,00	R$ 21.000,00
Instalação do Britador	**Und**	**Vlr. Unitário**	**Vlr. Total**
Escavação para pilares	14 m³	R$ 12,30	R$ 172,20
Concreto 20 fck= 20MPa	16 m³	R$ 359,40	R$ 5.750,04
Aço para bases de concreto	320 Kg	R$ 5,10	R$ 1.632,00
Montagem	s/n	R$ 12.430,00	R$ 12.430,00
Total			**R$ 75.984,24**

Tabela 9- Instalação e Mobilização

Equipamentos	
carregadeira	R$ 245.000,00
Britador	R$ 935.800,00
pick up	R$ 29.500,00
Caminhão	R$ 210.000,00
Total	**R$ 1.420.300,00**

Tabela 10 - Equipamentos

Financiamento	
Juros ao mês (7%a.a.)	0,005654145
Período	60
Montante	R$ 1.065.225,00
PMT	R$ 20.984,83
Entrada (25%)	R$ 355.075,00

Tabela 11 - Modelo Financiamento

	1	2	3	4	5
PMT	R$ 251.817,99	R$ 251.817,99	R$ 251.817,99	R$ 251.817,99	R$ 251.817,99
Juros	R$ 66.585,28	R$ 53.618,99	R$ 39.745,06	R$ 24.899,95	R$ 9.015,69

Tabela 12 - Simulação Pagamento

Para estimação dos custos unitários, folha salarial, dentre outros parâmetros foram utilizadas como referência a tabela SICRO2 de março de 2014 do DNIT além da tabela da SETOP-MG Secretaria do Estado de Transporte e Obras Públicas. Os custos e despesas estão listados nas Tabelas 14, 15, 16 e 17 abaixo. A unidade da Br040 de Belo Horizonte foi escolhida como referência, pois, conforme citado na revisão bibliográfica, é exemplo da administração pública no gerenciamento de resíduos, serviu para o desenvolvimento de diversos trabalhos e pesquisas sobre RCC e possui capacidade de produção idêntica à proposta nesse trabalho.

Mão-de-Obra	**Quantidade**	**Valor Mensal (R$)**	**Encargos (%)**	**Total**
Engenheiro coordenador e RT (meio-período)	0,5	R$ 5.287,00	87%	R$ 4.943,35
Operador de Balança	1	R$ 946,00	87%	R$ 1.769,02
Encarregado equipe de triagem	1	R$ 1.057,04	87%	R$ 1.976,66
Ajudante de Triagem	5	R$ 810,88	87%	R$ 7.581,73
Encarregado de Britagem	1	R$ 2.500,00	87%	R$ 4.675,00
Operador de Carregadeira	1	R$ 1.704,56	87%	R$ 3.187,53
Ajudante de produção	1	R$ 810,88	87%	R$ 1.516,35
Motorista Caminhão	1	R$ 1.433,52	87%	R$ 2.680,68
Auxiliar administrativo	1	R$ 973,00	87%	R$ 1.819,51
Chefe de Oficina (Mecânico)	1	R$ 1.057,04	87%	R$ 1.976,66
Total mensal				R$ 32.126,49
Total anual				**R$ 385.517,85**

Tabela 13 - Custos Mão de Obra

Consumo de Combustível					
Equipamento	Consumo	Unidade	Q	Unidade	Cons / mês
Caminhão grande caçamba (Usina/Aterro)	0,25	l/Km	2.200	Km	550
Veículo automotor utilitário tipo PICK UP Diesel	0,08	l/Km	1.000	Km	83
Pá carregadeira Caterpillar 924 H ou Similar	12,00	l/h	150	h	1.800
Total mensal					R$ 4.988,33
Total Anual					**R$ 59.860,00**

Tabela 14 - Consumo de combustível

Manutenção			
Equipamento	**Horas**	**Custo Horário**	**Total**
Carregadeira de pneus (1,5 a 2,0 m³)	150	R$ 27,55	R$ 4.132,50
Britador	110	R$ 5,66	R$ 622,16
Total mensal			R$ 4.754,66
Total anual			**R$ 57.055,92**

Material Rodante			
Equipamento	**Horas**	**Custo Horário**	**Total**
Carregadeira de pneus (1,5 a 2,0 m³)	150	R$ 5,28	R$ 792,00
Britador	110	R$ 9,72	R$ 1.069,20
Total mensal			R$ 1.861,20
Total anual			**R$ 22.334,40**

Tabela 15 - Custos Manutenção e Material Rodante ref Tabela Sobratema

Despesas Administrativas	
Contador	R$ 750,00
Aluguel	R$ 3.000,00
Tx de Incêndio / IPTU	R$ 250,00
Telefonia e internet	R$ 300,00
Tarifas diversas	R$ 350,00
Material de escritório	R$ 450,00
Despesas de pequeno valor	R$ 200,00
Total mensal	R$ 5.300,00
Total anual	**R$ 63.600,00**

Tabela 16 - Despesas administrativas

Ao contrário da maior parte dos empreendimentos, em que a produção depende do alinhamento entre capacidade produtiva e capacidade de vendas, ao vender o agregado reciclado em um preço muito abaixo do concorrente, as vendas não são o gargalo. O que limita a capacidade de produção de uma usina de RCC além dos equipamentos é a quantidade de resíduos que efetivamente chegam à usina para serem reciclados. Para estimação da quantidade de resíduos tipo-A que chegam à usina de RCC em Juiz de Fora, foram utilizadas médias de parâmetros baseados no tamanho da população e composição do RCC. O resultado apresentado na tabela 16 está de acordo com o trabalho de Pinto, 1999 e o estudo desenvolvido por Bastos em 2010.

Volume Diário m3 (510kg/hab.ano x 516.000 hab)	580
Proporção média RCC tipo A	70%
% entregue na usina	50%
Volume Entregue m3	290

Tabela 17 - Volume Recebido pela usina de RCC

Para o cálculo da receita foram feitas cotações em três pedreiras da região. O preço estipulado para venda foi de 40% do menor preço cotado para os tipos de brita produzidos. O custo da bica corrida e areia/padrisco são os mesmos praticados pela prefeitura de Belo Horizonte e são cerca de 20% dos preços médios do mercado de Juiz de Fora.

Além da venda do agregado reciclado outras fontes de receita complementares foram criadas, como a venda de material reciclável não processado pela usina (plásticos, madeiras e principalmente aço) e a receita por recebimento de caçamba. Essa última tem se tornado a principal fonte de receita de algumas usinas privadas no Estado de São Paulo e chega a valores superiores a R$40,00 reais por caçamba mesmo em usinas públicas, como no caso de Caguaru em Guarulhos. O preço adotado para recebimento das caçambas é o mesmo que vem sendo estudado pela Prefeitura de Belo Horizonte, esse valor é significativamente inferior ao custo por caçamba para o usuário final (menos que 10%) e muito inferior ao custo praticado por aterros sanitários, que no caso da Vital em Juiz de Fora chega a R$102,00 por caçamba. Vale citar também que aterros licenciados pela prefeitura também cobram por recebimento de caçambas.

Parâmetros	
Volume de Resíduos tipo A entregue na usina em m³/dia	**290,00**
Massa de RCC entergue na usina / dia útil (tonelada)	348,00
Densidade do RCC (toneladas/m³)	1,2
Volume de Resíduos entregue na usina em m³/mês tipo A	**6380**
Dias uteis mês	22
Percentual de agregado gerado (Bica Corrida)	34,00%
Percentual de agregado gerado (Brita #1)	17,00%
Percentual de agregado gerado (Brita #0)	17,00%
Percentual de agregado gerado (Areia / Pedrisco)	17,00%
Volume de resíduos inservíveis	44
% Resíduos inservíveis	15,00%
Resíduos inservíveis recicláveis	7,5%
Preços de Venda	
Bica Corrida	R$ 15,00
Brita #1	R$ 30,00
Brita #0	R$ 30,00
Areia / Pedrisco	R$ 15,00
Material reciclável (média composta retirada de sucatas.com)	R$ 43,00
Recebimento de caçambas (un de 5m3)	R$ 10,00

Tabela 18 - Parâmetros de produção e receita

Com as informações relativas ao investimento inicial, gastos totais, capacidade produtiva, eficiência na produção e preço de venda (Tabela 19), foi então calculado a Demonstração de Resultado e o Fluxo de Caixa Livre para o empreendimento Linha de Base, usina de RCC cuja fonte de receita é oriunda da venda dos agregados reciclados e materiais recicláveis. A Demonstração de Resultado – DRE e o Fluxo de Caixa foram projetados até o sexto ano para que fosse calculado ao menos um período sem amortização de financiamentos e estão apresentados no item 4 - Resultados. Na DRE a depreciação foi calculada utilizando o método linear de depreciação para simplificação do cálculo.

3.2 CÁLCULO DO CUSTO DE CAPITAL E VALOR DA PERPETUIDADE

Para o cálculo do valor presente do Fluxo de Caixa, optou-se por utilizar o Fluxo de Caixa Livre para o Acionista (FCFE) descontado pelo custo de capital próprio, ke. O FCFE foi escolhido ao invés do Fluxo de Caixa Livre para Firma (FCFF) pois no presente trabalho estamos interessados em analisar a rentabilidade para o investidor, e não somente o retorno proporcionado para o empreendimento que remunera capital de terceiros e capital próprio e que deveria ser descontado pelo WACC.

Para o cálculo do ke, através da equação do modelo CAPM, os seguintes parâmetros foram utilizados:

- Rf = média da Selic dos últimos 10 anos.
- β_i = média entre setor da construção civil e saneamento dos últimos 12 meses (desalavancado).
- E(Rm) = média do retorno anual do Ibovespa dos últimos 10 anos.
- Inflação = média do IPCA últimos 10 anos.

$$K_e nominal = 12{,}307 + 1{,}07 * (14{,}027 - 12{,}307)$$

$$K_e nominal = 14{,}14\%$$

$$K_e real = \frac{k_e nominal}{1 + inflação}$$

Equação 9 – Relação taxa de desconto real com taxa nominal

$$K_e real = 13{,}53\%$$

Conforme exposto na revisão bibliográfica, o custo de capital próprio varia à medida que varia a composição de capital da empresa. Como incluímos no fluxo a simulação de um financiamento, a composição do capital de terceiros foi alterada ao longo dos períodos por conta da amortização da dívida, portanto, o Ke precisou ser calculado para cada período do ano 1 ao 6 conforme fórmula de Hamada (1986), devido a alteração do Beta, se mantendo constante após o sexto ano já que o capital da empresa passou a ser composto unicamente de capital próprio com o término dos financiamentos onde WACC=ke=Ro.

$$\beta alavancado = \beta desalavancadox(1 + (1 - T)x\left(\frac{B}{U}\right))$$

Equação 10 – fórmula de Hamada

Onde:

T = Alíquota de imposto;

B = Capital de terceiros;

U = Capital próprio.

Por se tratar de uma empresa que não possui prazo para término de suas operações, além do valor presente dos fluxos gerados até o sexto ano, faz-se necessário calcular o valor presente do fluxo de caixa perpétuo utilizando a equação 3, o que foi feito utilizando os parâmetros de FCFE do ano 6 além da última taxa de desconto calculada para Ke (Ke desalavancado) conforme equação 6. A taxa anual de crescimento foi adotada como g=0 de forma a adotar uma perspectiva pessimista. Os resultados serão apresentados no item 4 do trabalho.

3.3 FUNÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO DO VPL E INCERTEZA DO PROJETO

Dado o modelo de negócio de uma usina de RCC, apesar do calculo do VPL ter sido realizado utilizando valores médios de entrada de resíduo conforme exposto na tabela 19, pela literatura pode se observar uma grande variância desses parâmetros (superior a 100%) conforme tabela 1, Figura 2 e tabela 3, o que influenciaria fortemente a entrada de resíduos na usina, capacidade de vendas e portanto viabilidade econômica do empreendimento.

Além disso, conforme BASTOS, 2010 sabe-se que grande parte do RCC gerado em Juiz de Fora é despejado de forma irregular. Portanto, faz-se necessário atribuir certo grau de incerteza na variável entrada de resíduos RCC tipo-A na usina e analisar qual o impacto dessa variabilidade para o VPL do projeto.

A metodologia utilizada para inserir e analisar essa incerteza foi através de simulação de Monte Carlo, utilizando o software @risk e gerando uma função de probabilidade do VPL que depende da variável probabilística Entrada de Resíduo na usina.

Para execução da simulação, primeiro foi construída a distribuição de probabilidade da variável de entrada. Para simplificação do modelo uma vez que não existe nenhuma base histórica para ser trabalhada, foi adotado uma distribuição triangular, onde o menor valor de entrada é uma combinação da menor taxa de geração per capita demonstrada em PINTO,

1999 com a menor taxa de participação do resíduo de RCC tipo-A levantado por diversos autores na Tabela 2. A maior entrada de resíduos possível ficou sendo a maior taxa de geração per capita encontrada combinada com a maior participação de resíduo tipo A na composição do RCC desde que limitada a capacidade da usina. O valor de chegada de RCC com maior probabilidade de ocorrer foi o valor médio da geração per capita combinado com o valor médio de participação de resíduo tipo A no RCC. Ademais foi adotado que somente 50% do RCC tipo-A gerado na cidade chegaria efetivamente na usina e com 85% de "pureza", 5% a menos que a média histórica das usinas de Belo Horizonte. Não há necessidade de alterar essas proporções, dada à incerteza que já está embutida no modelo triangular.

Com as considerações acima se chegou a seguinte distribuição de probabilidade da chegada de RCC tipo-A na usina de reciclagem de resíduos:

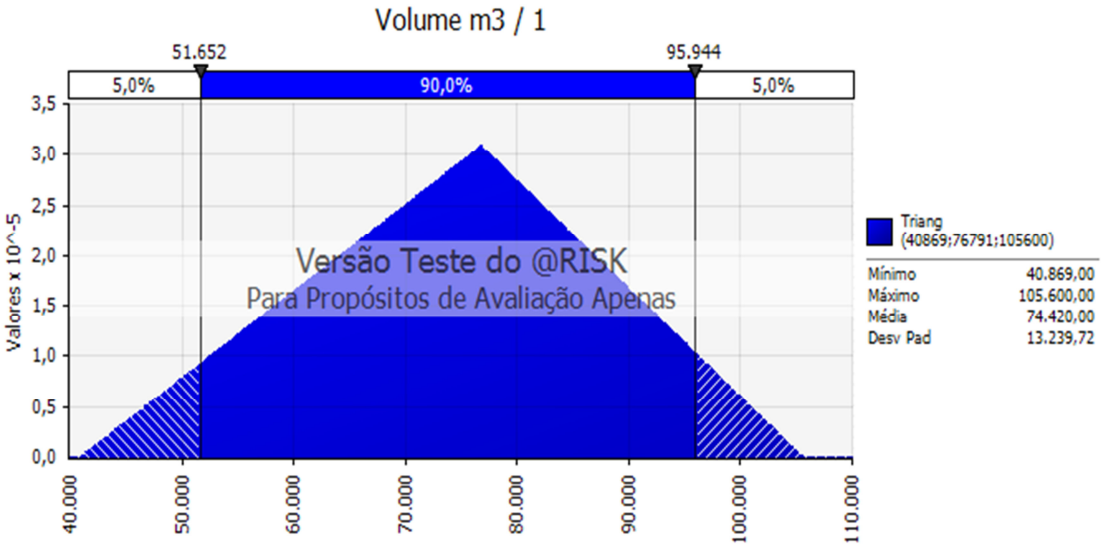


Figura 9 – Distribuição da Entrada anual de resíduos RCC na usina

Com a variável de entrada probabilística definida, o programa @risk, através de simulação de Monte Carlo gera, a cada iteração, um valor aleatório dentro da distribuição para a variável de entrada independe e calcula o VPL correspondente (variável dependente). Outro aspecto que também depende da variável independente são os custos variáveis. Como a maior parte depende linearmente do volume de resíduo processado, os custos mantém uma relação de proporção com o insumo de entrada e também variam a cada iteração.

Após 10.000 iterações temos uma boa aproximação do perfil de distribuição de probabilidade do VPL do projeto Linha de Base. De posse dessa distribuição o software nos apresenta algumas estatísticas importantes da distribuição do VPL, dentre elas o desvio-padrão, utilizado como parâmetro para a variabilidade do projeto e utilizado para construção da árvore binomial apresentada no item 4 - RESULTADOS.

Resumo de informação da simulação	
Nome da planilha	RCC.xlsm
Número de Simulações	1
Número de Iterações	10000
Número de Inputs	6
Número de Outputs	1
Tipo de Amostragem	Hipercubo Latino
Tempo de início da simulação	24/06/2014 22:12
Duração da Simulação	00:00:08
Gerador de Aleatório	Mersenne Twister
Semente aleatória	1428062453

Sumário Estatístico para VPL (não considera Io) / 0			
Estatísticas		**Percentil**	
Mínimo	-R$ 217.303,59	**5%**	R$ 595.740,86
Máximo	R$ 4.159.661,50	**10%**	R$ 891.733,50
Média	R$ 2.109.921,10	**15%**	R$ 1.117.654,05
Desv Pad	R$ 882.523,44	**20%**	R$ 1.314.638,05
Variância	7,78848E+11	**25%**	R$ 1.484.324,33
Assimetria	-0,121942858	**30%**	R$ 1.634.901,82
Curtose	2,432697675	**35%**	R$ 1.778.212,48
Mediana	R$ 2.147.811,87	**40%**	R$ 1.907.646,39
Moda	R$ 2.289.653,74	**45%**	R$ 2.029.865,16
X Esquerda	R$ 595.740,86	**50%**	R$ 2.147.811,87
P Esquerda	5%	**55%**	R$ 2.257.566,64
X Direito	R$ 3.540.014,48	**60%**	R$ 2.368.060,86
P Direito	95%	**65%**	R$ 2.484.906,20
Dif X	R$ 2.944.273,62	**70%**	R$ 2.614.208,67
Dif P	90%	**75%**	R$ 2.749.325,86
Erros	0	**80%**	R$ 2.899.742,50
Filtrar Min	Desligado	**85%**	R$ 3.070.684,55
Filtrar Max	Desligado	**90%**	R$ 3.271.351,13
Filtrados	0	**95%**	R$ 3.540.014,48

Tabela 19- Resumo da simulação e sumário estatístico

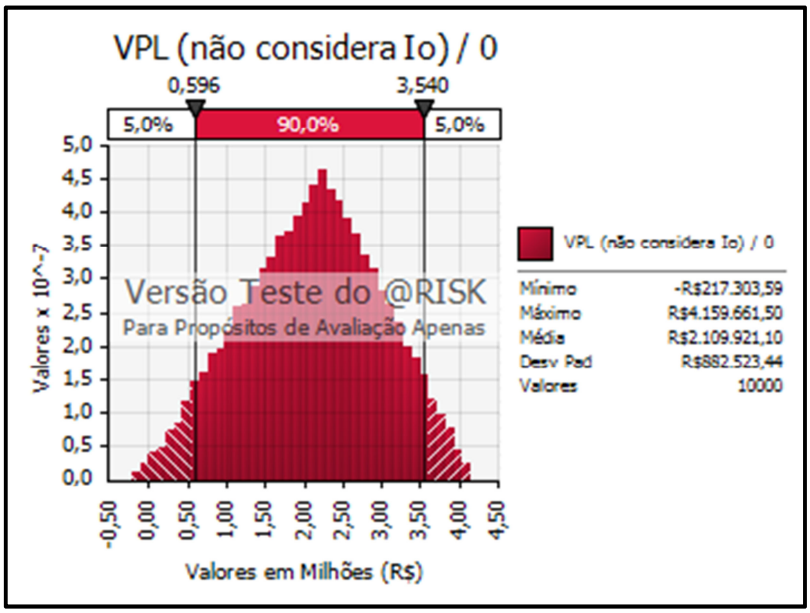


Figura 10 - Distribuição VPL e Estatísticas

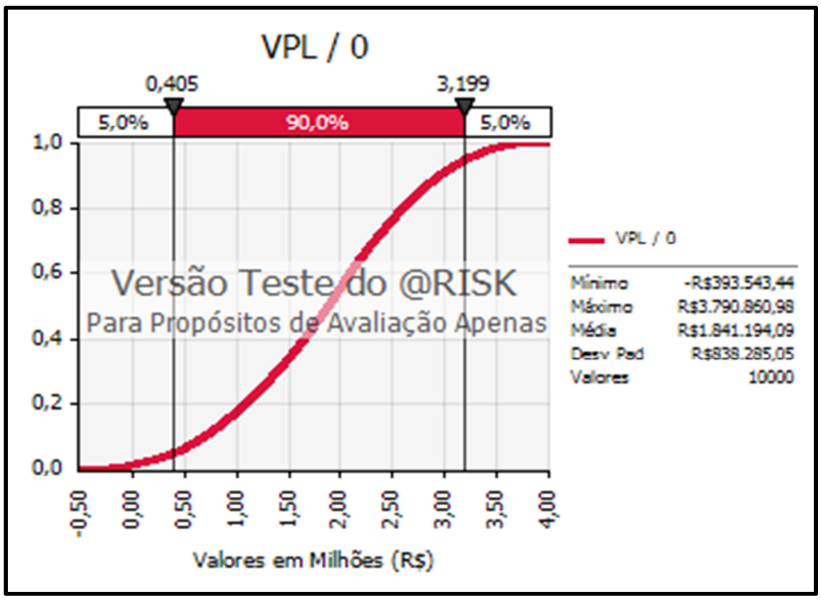


Figura 11 - Distribuição acumulada VPL

3.4 OPÇÃO DE EXPANSÃO E OPÇÃO DE ABANDONO

O presente trabalho também propôs verificar o impacto gerado no VPL, agora sensibilizado, da produção de artefatos de concreto que poderiam gerar maior valor para o empreendimento e analisar em qual momento deveria ser feito esse investimento, logo no início do projeto ou aguardar até que a chegada do resíduo se mostre suficiente. Além disso, também foi analisada a possibilidade de abandono, o que também gera valor para o projeto.

O primeiro passo para essa análise é a construção do Valor Presente dos fluxos gerados pela tomada de decisão gerencial. Para o primeiro caso, na decisão de expansão, há de se verificar quais itens pré-moldados devem ser produzidos, estabelecer seu preço de venda, custos de investimento, consumo de insumo, já que irão utilizar os próprios agregados reciclados, criar o fluxo perpétuo e descontá-los para calculo do VP. Para fins de simplificação do modelo foi considerada a possibilidade de comercializar apenas 3 tipos de artefatos: blocos de vedação, meio-fio e blocos sextavados para pavimentação de fluxo leve. Para todos os itens será necessário o mesmo tipo de investimento, modificando somente a forma utilizada no equipamento, a diferença entre um pré-moldado e outro está na produção máxima por dia, no consumo de insumos e preço de venda.

Para montar o VP foram utilizadas a informação disponível pelo fabricante da máquina de pré-moldados e suas instruções de operação e produtividade. Utilizou-se o índice de Eficiência de 85%, o mesmo calculado no dimensionamento do britador.

Além do equipamento de pré-moldado fornecido pela Atlanmaq Indústria e Comércio de Máquinas LTDA, também será necessário o investimento em esteiras transportadoras, compressor de ar e misturador de concreto, que podem ser adquiridos na mesma empresa.

O preço de venda unitário foi estabelecido utilizando como referência o menor valor apresentado após 3 cotações na cidade de Juiz de Fora de indústrias de pré-moldados de concreto para os itens apresentados. Os preços foram cotados na Engepremo LTDA, Premoltec LTDA e Predapi Industria e Comércio LTDA. De posse do investimento necessário, equipes produtivas, consumo unitário dos insumos, produção das equipes e preço de venda, procedeu-se o cálculo do valor adicionado ao projeto por cada máquina adquirida conforme tabelas 21 a 26 abaixo:

Blocos de Vedação					
Tipo	Quantidade	Unitário		Total	
Ajudante de Produção	4	R$	1.516,35	R$	6.065,38
Encarregado de Produção	1	R$	1.976,66	R$	1.976,66
Consumo de cimento por mês (sc)	836	R$	19,11	R$	15.976,96
Custos Operacionais gerais	1	R$	2.250,00	R$	2.250,00
Consumo brita 0 por mês (m3)	220	R$	-	R$	-
Consumo pó de brita por mês (m3)	220	R$	-	R$	-

Tabela 20 - Resumo gastos totais por máquina por mês para Blocos de Vedação

(=) Receita por produto	R$	0,52
(*) Produção máxima por mês por máquina		88000
(=) Receita Bruta Total por mês	R$	45.760,00
(-) Receita perdida da venda de agregado p/maq/mês	R$	9.900,00
(-) Impostos sobre Faturamento	R$	3.464,79
(-) Custo Mensal	R$	26.268,01
(-) Impostos sobre Lucro Bruto	R$	2.083,25
(=) Lucro Líquido adicionado por mês por máquina	R$	4.043,95
Investimento (Io)	R$	76.200,00
VP de uma máquina - Io (FCFE/(1-ke))	R$	282.465,34

Tabela 21 - Resumo DRE e VP por máquina por mês para Blocos de Vedação

Piso Intertravado – espessura 8cm					
Tipo	Quantidade	Unitário		Total	
Ajudante de Produção	4	R$	1.516,35	R$	6.065,38
Encarregado de Produção	1	R$	1.976,66	R$	1.976,66
Consumo de cimento por mês (sc)	1967	R$	19,11	R$	37.589,37
Custos Operacionais gerais	1	R$	2.250,00	R$	2.250,00
Consumo brita 0 por mês (m3)	138,6	R$	-	R$	-
Consumo pó de brita por mês (m3)	138,6	R$	-	R$	-

Tabela 22 - Resumo Gastos Totais por máquina por mês para piso intertravado

(=) Receita por produto	R$	20,10
(*) Produção máxima por mês por máquina		3080
(=) Receita Bruta Total por mês	R$	61.908,00
(-) Receita perdida da venda de agregado p/maq/mês	R$	6.237,00
(-) Impostos sobre Faturamento	R$	5.378,93
(-) Custo Mensal	R$	47.881,42
(-) Impostos sobre Lucro Bruto	R$	819,62
(=) Lucro Líquido adicionado por mês por máquina	R$	1.591,03
Investimento (Io)	R$	76.200,00
VP de uma máquina - Io (FCFE/(1-ke))	R$	64.911,27

Tabela 23 - Resumo DRE e VP por máquina por mês para piso intertravado

Meio-fio (MFC-05 DNIT)					
Tipo	Quantidade	Unitário		Total	
Ajudante de Produção	4	R$	1.516,35	R$	6.065,38
Encarregado de Produção	1	R$	1.976,66	R$	1.976,66
Consumo de cimento por mês (sc)	1355	R$	19,11	R$	25.894,05
Custos Operacionais gerais	1	R$	2.250,00	R$	2.250,00
Consumo brita 0 por mês (m3)	116,4	R$	-	R$	-
Consumo pó de brita por mês (m3)	118,5	R$	-	R$	-

Tabela 24 - Resumo Gastos Totais por máquina por mês para meio fio

(=) Receita por produto	R$	14,38
(*) Produção máxima por mês por máquina		3500
(=) Receita Bruta Total por mês	R$	50.312,50
(-) Receita perdida da venda de agregado p/maq/mês	R$	5.269,50
(-) Impostos sobre Faturamento	R$	4.352,05
(-) Custo Mensal	R$	36.186,10
(-) Impostos sobre Lucro Bruto	R$	1.531,65
(=) Lucro Líquido adicionado por mês por máquina	R$	2.973,20
Investimento (Io)	R$	76.200,00
VP de uma máquina - Io (FCFE/(1-ke))	R$	187.498,43

Tabela 25 - Resumo DRE e VP por máquina por mês para meio fio.

Sabe-se que a escalabilidade da produção deveria obedecer a uma função discreta (investimento em 1 máquina, 2, 3,..,n) no entanto para simplificar os cálculos aproximamos a escalabilidade uma função contínua e linear com margem de lucro por produto constante, calculada em cima da capacidade máxima de cada máquina. Também não foi considerado o benefício fiscal da depreciação do ativo necessário para expansão e nem considerado qualquer valor residual.

Como os produtos consomem do mesmo insumo quantidades diferentes por máquina, possuem VP diferentes por máquina e a quantidade de máquinas está sujeita a restrição quantidade de brita 0 e pó de brita produzida na usina, é necessário verificar a combinação ótima que maximiza o VP total. Dada a simplificação do modelo foi possível utilizar a técnica de otimização linear da seguinte função objetivo que relaciona o VP da opção de expansão:

$$MAX\ VP = P \times 187.498 + M \times 64.911 + B \times 282.465$$

Equação 11 - Função objetivo

Sujeito à:

$$B \times Cbb + P \times Cbp + M\ X\ Cbm \leq Rbrita$$

$$B \times Cab + P \times Cap + M\ X\ Cam \leq Rareia$$

$$Rareia = Rcc\ X\ 0{,}17$$

$$Rbrita = Rcc\ X\ 0{,}17$$

Equação 12 - Restrições

Onde

Rcc é o volume mensal de resíduo recebido na usina;

B é o número de máquinas destinadas à produção de bloco de vedação;

P é o número de máquinas destinadas à produção de piso intertravado;

M é o número de máquinas destinadas à produção de meio-fio;

Cbb = consumo de brita 0 por máquina de bloco de vedação;

Cbp = consumo de brita 0 por máquina de piso sextavado;

Cbm = consumo de brita 0 por máquina de meio-fio;

Cab = consumo de pó de brita por produção de bloco de vedação;

Cap = consumo de pó de brita por produção de piso sextavado;

Cam = consumo de pó de brita por produção de meio-fio;

O modelo apresentou que o ponto máximo se encontra na produção exclusiva de blocos de vedação para todas as possibilidades de chegada de Rcc na usina. Isso também pode ser observado simplesmente pela comparação do VP por máquina para cada produto divido pelo consumo mensal de cada recurso. Portanto a função VP, que é ótima, pode ser reescrita da seguinte maneira:

$$VP = 282.465{,}34\ X\ (Rccano\ X\ 0{,}17)/(12\ X\ 220 insumo\ por\ mês\ por\ máquina)$$

Equação 13 - Relação linear VP da opção de expansão com Rcc recebido

Sabe-se também o VPL do projeto se relaciona de maneira praticamente linear com a entrada de resíduos na usina como apresentado na Figura abaixo, portanto pode-se criar também uma relação linear entre o VP da opção de expansão (que também depende linearmente da entrada de resíduos na usina conforme equação 10) e o VPL do projeto Linha Base. Essa relação está demonstrada na Figura . Tal relação será importante pois cada nó da distribuição binomial apresenta um VPL diferente explicado pela oscilação da variável independente (entrada de resíduos) e irá possuir um valor diferente para a opção em cada nó em consequência disso.

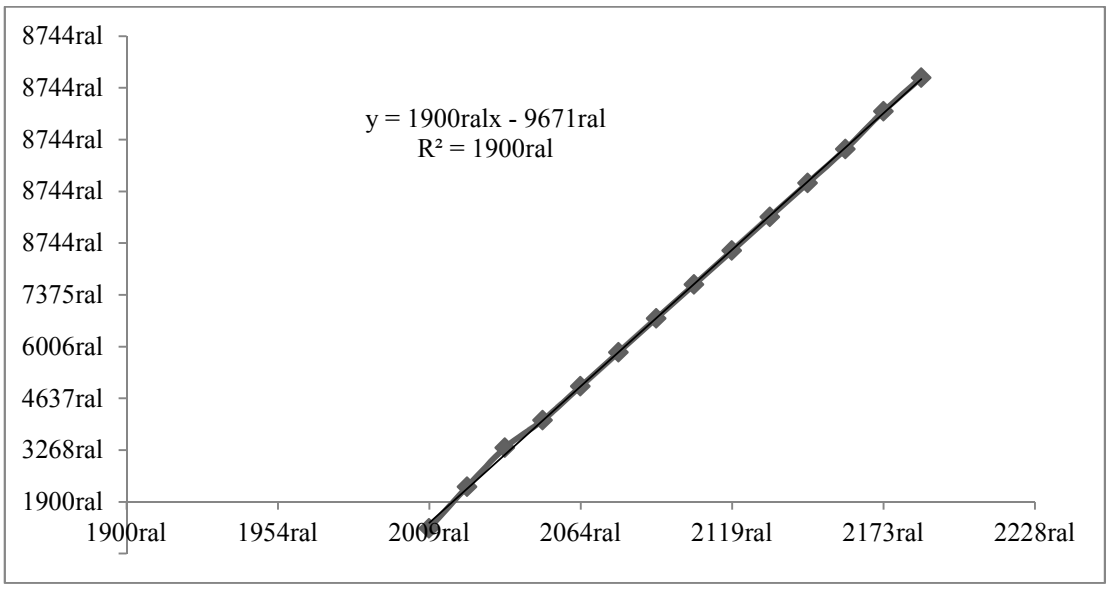


Figura 13 - Relação linear VPL do projeto Linha de Base com a entrada de RCC

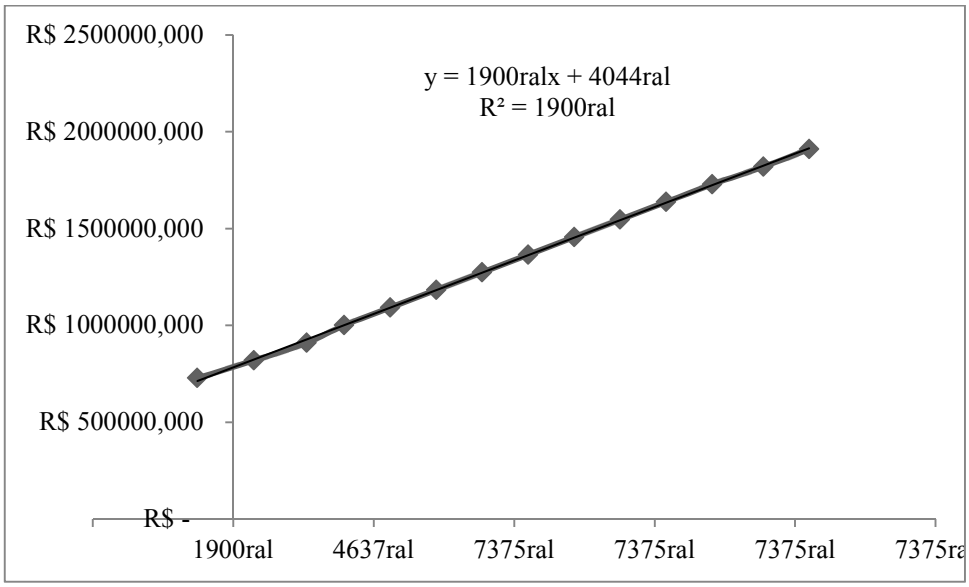


Figura 14 - Relação linear entre VP da opção de expansão e VPL do projeto Linha Base

Para consideração da opção de abandono, verifica-se somente o valor residual dos equipamentos em cada ano, descontando do valor de venda já depreciado o restante a pagar pelo programa de financiamento. Para essa análise foi utilizado o método linear de depreciação e considerando a venda do ativo exatamente pelo valor residual no início do ano.

Ano	Valor à pagar	Amortização no ano	VR	VP opção de venda
0	R$ 1.042.500,00	R$ 0,00	R$ 1.420.300,00	R$ 377.800,00
1	R$ 1.042.500,00	R$ 181.281,05	R$ 1.278.270,00	R$ 235.770,00
2	R$ 861.218,95	R$ 193.970,72	R$ 1.136.240,00	R$ 275.021,05
3	R$ 667.248,23	R$ 207.548,67	R$ 994.210,00	R$ 326.961,77
4	R$ 459.699,56	R$ 222.077,08	R$ 852.180,00	R$ 392.480,44
5	R$ 237.622,48	R$ 237.622,48	R$ 710.150,00	R$ 472.527,52

Tabela 26 - Calculo VP opção de venda

4 RESULTADOS

Nesse item serão apresentados os resultados de DRE e DFC para o Projeto Base que não considera o impacto das decisões gerenciais. Após a verificação do VPL encontrado será montada a árvore binomial do projeto para posterior avaliação e precificação exata da opção real. Na Tabela 26 abaixo podemos ver a demonstração de resultado para os 6 anos de simulação. Vale ressaltar que os preços não são reajustados ano após ano já que a inflação não está embutida na taxa de desconto, pois foi calculado o ke real e não o nominal (item 3.2).

Com base na DRE abaixo foi montada a demonstração de fluxo de caixa conforme equação do fluxo de caixa livre (ROSS, 1998), fluxo de caixa na perpetuidade (DAMODARAN, 2001) e identidade de fluxo de caixa (ROSS, 1998), todas já citadas na revisão bibliográfica. O custo de capital próprio foi variado conforme Hamada, faltando descontar somente o investimento inicial relativo a capitalização própria, que é definido pelo montante não financiado (25%) dos equipamentos, mais verba de mobilização e instalação além do capital de giro líquido. Tabelas 8 e 10.

A demonstração de fluxo de caixa está apresentada na Tabela 27 abaixo. Com base no valor calculado para os fluxos em valor presente e descontado o investimento inicial temos que, para o projeto Linha de Base o VPL = R$1.443.153,58, superando, portanto o custo de capital próprio, assumindo valor maior que zero e sendo viável para investimento.

DRE						
Ano	1	2	3	4	5	6
Volume m3	74420	74420	74420	74420	74420	74420
Receira Bruta Venda Agregados	**R$ 1.328.397,00**	**R$ 1.328.397,00**	**R$ 1.328.397,00**	**R$ 1.328.397,00**	**R$ 1.328.397,00**	**R$ 1.328.397,00**
Receita Bruta Reciclados	**R$ 64.001,20**	**R$ 64.001,20**	**R$ 64.001,20**	**R$ 64.001,20**	**R$ 64.001,20**	**R$ 64.001,20**
Receita Bruta Recebimento de Caçambas	**R$ 148.840,00**	**R$ 148.840,00**	**R$ 148.840,00**	**R$ 148.840,00**	**R$ 148.840,00**	**R$ 148.840,00**
ISS	R$ 46.237,15	R$ 46.237,15	R$ 46.237,15	R$ 46.237,15	R$ 46.237,15	R$ 46.237,15
PIS/COFINS	R$ 142.564,53	R$ 142.564,53	R$ 142.564,53	R$ 142.564,53	R$ 142.564,53	R$ 142.564,53
Receita Líquida	**R$ 1.352.436,52**	**R$ 1.352.436,52**	**R$ 1.352.436,52**	**R$ 1.352.436,52**	**R$ 1.352.436,52**	**R$ 1.352.436,52**
Custos Operacionais Totais	**R$ 720.918,53**	**R$ 720.918,53**	**R$ 720.918,53**	**R$ 720.918,53**	**R$ 720.918,53**	**R$ 720.918,53**
Custos Operacionais Variáveis	**R$ 335.400,68**	**R$ 335.400,68**	**R$ 335.400,68**	**R$ 335.400,68**	**R$ 335.400,68**	**R$ 335.400,68**
Manutenção de equipamentos	R$ 80.418,59	R$ 80.418,59	R$ 80.418,59	R$ 80.418,59	R$ 80.418,59	R$ 80.418,59
Material de desgaste	R$ 31.479,66	R$ 31.479,66	R$ 31.479,66	R$ 31.479,66	R$ 31.479,66	R$ 31.479,66
Energia Elétrica e água	R$ 113.828,77	R$ 113.828,77	R$ 113.828,77	R$ 113.828,77	R$ 113.828,77	R$ 113.828,77
Combustível e lubrificantes	R$ 84.370,86	R$ 84.370,86	R$ 84.370,86	R$ 84.370,86	R$ 84.370,86	R$ 84.370,86
Descarte material inerte	R$ 25.302,80	R$ 25.302,80	R$ 25.302,80	R$ 25.302,80	R$ 25.302,80	R$ 25.302,80
Custos Operacionais Fixos	**R$ 385.517,85**	**R$ 385.517,85**	**R$ 385.517,85**	**R$ 385.517,85**	**R$ 385.517,85**	**R$ 385.517,85**
Mão de obra + Encargos	R$ 385.517,85	R$ 385.517,85	R$ 385.517,85	R$ 385.517,85	R$ 385.517,85	R$ 385.517,85
Lucro Operacional	**R$ 631.517,99**	**R$ 631.517,99**	**R$ 631.517,99**	**R$ 631.517,99**	**R$ 631.517,99**	**R$ 631.517,99**
Despesas Totais	R$ 63.600,00	R$ 63.600,00	R$ 63.600,00	R$ 63.600,00	R$ 63.600,00	R$ 63.600,00
LAJIDA	**R$ 567.917,99**	**R$ 567.917,99**	**R$ 567.917,99**	**R$ 567.917,99**	**R$ 567.917,99**	**R$ 567.917,99**
Depreciação	R$ 170.436,00	R$ 170.436,00	R$ 170.436,00	R$ 170.436,00	R$ 170.436,00	R$ 0,00
LAJI	R$ 397.481,99	R$ 397.481,99	R$ 397.481,99	R$ 397.481,99	R$ 397.481,99	R$ 567.917,99
Juros	R$ 66.585,28	R$ 53.618,99	R$ 39.745,06	R$ 24.899,95	R$ 9.015,69	R$ 0,00
Impostos	R$ 112.504,88	R$ 116.913,42	R$ 121.630,56	R$ 126.677,89	R$ 132.078,54	R$ 193.092,12
Lucro Líquido	**R$ 218.391,83**	**R$ 226.949,58**	**R$ 236.106,37**	**R$ 245.904,14**	**R$ 256.387,76**	**R$ 374.825,87**
% LL	16,4%	17,1%	17,8%	18,5%	19,3%	28,2%
% LAJIDA	42,8%	42,8%	42,8%	42,8%	42,8%	42,8%

Tabela 27 - DRE para o Projeto Linha Base

FLUXO DE CAIXA								
ANO	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**Perpetuidade**
Fluxo de Caixa Livre	**-R$ 1.733.250,74**	**R$ 455.413,11**	**R$ 451.004,57**	**R$ 446.287,43**	**R$ 441.240,10**	**R$ 435.839,45**	**R$ 374.825,87**	**R$ 374.825,87**
Fluxo de caixa operacional	**R$ 0,00**	**R$ 455.413,11**	**R$ 451.004,57**	**R$ 446.287,43**	**R$ 441.240,10**	**R$ 435.839,45**	**R$ 374.825,87**	**R$ 374.825,87**
LAJI	R$ 0,00	R$ 397.481,99	R$ 397.481,99	R$ 397.481,99	R$ 397.481,99	R$ 397.481,99	R$ 567.917,99	R$ 567.917,99
(+) Depreciação	R$ 0,00	R$ 170.436,00	R$ 170.436,00	R$ 170.436,00	R$ 170.436,00	R$ 170.436,00	R$ 0,00	R$ 0,00
(-) Impostos	R$ 0,00	R$ 112.504,88	R$ 116.913,42	R$ 121.630,56	R$ 126.677,89	R$ 132.078,54	R$ 193.092,12	R$ 193.092,12
Capital de Giro Líquido	**R$ 236.966,50**	**R$ 0,00**	**R$ 0,00**	**R$ 0,00**	**R$ 0,00**	**R$ 0,00**	**R$ 0,00**	**R$ 0,00**
CGL Inicial	R$ 236.966,50	R$ 0,00	R$ 0,00	R$ 0,00	R$ 0,00	R$ 0,00	R$ 0,00	R$ 0,00
Aumento do CGL	R$ 0,00	R$ 0,00	R$ 0,00	R$ 0,00	R$ 0,00	R$ 0,00	R$ 0,00	R$ 0,00
Recuperação do CGL	R$ 0,00	R$ 0,00	R$ 0,00	R$ 0,00	R$ 0,00	R$ 0,00	R$ 0,00	R$ 0,00
Gastos de Capital	**R$ 1.496.284,24**	**R$ 0,00**	**R$ 0,00**	**R$ 0,00**	**R$ 0,00**	**R$ 0,00**	**R$ 0,00**	**R$ 0,00**
Investimentos em Equipamentos	R$ 1.420.300,00	R$ 0,00	R$ 0,00	R$ 0,00	R$ 0,00	R$ 0,00	R$ 0,00	R$ 0,00
Gastos de Implantação	R$ 75.984,24	R$ 0,00	R$ 0,00	R$ 0,00	R$ 0,00	R$ 0,00	R$ 0,00	R$ 0,00
Valor Residual Após IR	R$ 0,00	R$ 0,00	R$ 0,00	R$ 0,00	R$ 0,00	R$ 0,00	R$ 0,00	R$ 0,00
Fluxo de Caixa aos Credores	**-R$ 1.065.225,00**	**R$ 251.817,99**	**R$ 251.817,99**	**R$ 251.817,99**	**R$ 251.817,99**	**R$ 251.817,99**	**R$ 0,00**	**R$ 0,00**
Empréstimos	-R$ 1.065.225,00	R$ 0,00	R$ 0,00	R$ 0,00	R$ 0,00	R$ 0,00	R$ 0,00	R$ 0,00
Amortização		R$ 185.232,71	R$ 198.199,01	R$ 212.072,94	R$ 226.918,04	R$ 242.802,30	R$ 0,00	R$ 0,00
Juros		R$ 66.585,28	R$ 53.618,99	R$ 39.745,06	R$ 24.899,95	R$ 9.015,69	R$ 0,00	R$ 0,00
Fluxo de Caixa Acionista	**-R$ 668.025,74**	**R$ 203.595,11**	**R$ 199.186,57**	**R$ 194.469,44**	**R$ 189.422,10**	**R$ 184.021,45**	**R$ 374.825,87**	**R$ 374.825,87**
Ke ANO	13,53%							
Ke Alavancado	20,40%	19,21%	17,93%	16,56%	15,10%	13,53%	13,53%	13,53%
Kd ANO	7,00%							
WACC	12,17%	12,27%	12,41%	12,61%	12,94%	13,53%	13,53%	13,53%
FCFE Descontado	-R$ 668.025,74	R$ 170.790,79	R$ 143.225,92	R$ 122.799,90	R$ 107.940,13	R$ 97.569,77	R$ 175.051,46	R$ 1.293.802,35
VPL (não descontou Io)	**R$ 2.111.180,32**							

Tabela 28 - Demonstração de fluxo de caixa para o projeto linha base

De posse dos valores simulados pelo @risk deve-se proceder com a construção da árvore binomial do projeto para posterior avaliação das opções reais. Estabeleceu-se o período de variação como anual e limitou-se a tomada de decisão em um intervalo de até 5 anos. Pela simulação apresentada no Figura 11 foi possível calcular todos os parâmetros necessários para precificação das opções e construção da árvore.

O valor (S) esperado para o VP (ou ativo de referência) no ano zero aproxima-se muito do valor calculado quando utilizou-se como entrada fixa para variável independente seu valor esperado (ver Tabela 27), isso era de se esperar, a única explicação para a suave diferença é que o valor lançado abaixo foi obtido através de simulação, apresentando, portanto pequena margem de diferença devido a aproximação do modelo.

Conforme explicado no item 2.5, a cada período o VPL assume dois novos valores, um maior (S*u) e outro menor (S*d) com taxas ditadas por $u = e^{\sigma\sqrt{t}}$ e $d = 1/u$ onde σ=desvio-padrão em termos percentuais em relação a S e t é o período (Cox, et al, 1979). Sabe-se também que para não existir arbitragem (pressuposto do mercado eficiente), a probabilidade de subida p e probabilidade de descida p-1 devem assumir valores de risco neutro, ou seja, calculados de forma a equivaler uma carteira livre de risco e dependente da taxa livre de risco – r do mercado. Sendo assim tem-se que:

$$p = (e^r - d)/(u - d)$$

Os parâmetros calculados para construção das árvores são apresentados a seguir:

Parâmetros	
u	1,519335265
d	0,658182577
r ($\ln(1+R_{\text{taxa livre de risco}})$)	11,1%
e	2,71828
p	55,4%
1-p	44,6%
desvio padrao %	42%
desvio padrao	R$ 882.523,44
Investimento Inicial	-R$ 668.025,74

Tabela 29 – Parâmetros da árvore binomial

Variações Possíveis para o VPL do projeto em 5 estágios						
0	1	2	3	4	5	
					R$ 17.081.826,53	Su^5
				R$ 11.242.960,60		
			R$ 7.399.920,78		R$ 7.399.920,78	Sdu^4
		R$ 4.870.498,93		R$ 4.870.498,93		
	R$ 3.205.677,53		R$ 3.205.677,53		R$ 3.205.677,53	Sd^2u^3
R$ 2.109.921,10		R$ 2.109.921,10		R$ 2.109.921,10		
	R$ 1.388.713,31		R$ 1.388.713,31		R$ 1.388.713,31	Sd^3u^2
		R$ 914.026,90		R$ 914.026,90		
			R$ 601.596,58		R$ 601.596,58	Sd^4u
				R$ 395.960,39		
					R$ 260.614,23	Sd^5

Tabela 30 – Árvore binomial do projeto linha de Base em cinco estágios

Foi apresentado também que o VP do fluxo gerado pela expansão, depende da quantidade de máquinas compradas que está limitada a quantidade de insumo que a usina recebe. Essa relação está perfeitamente correlacionada ao VP do projeto Linha de Base conforme demonstrado no Item 3.4, Fig 3. Portanto, na construção de cada nó da árvore binomial da opção de expansão no 5 período, devemos utilizar o respectivo nó da árvore binomial do projeto para calculo VP da opção. O preço de exercício (investimento na expansão) já está embutido no cálculo do VP (ver Tabela 20).

Para o caso de uma opção europeia, que possui possibilidade de exercício somente no vencimento, deveríamos proceder com o cálculo do valor de cada nó do período 4 ponderando o valor de cada nó gerado do período 5 por p e (p-1) e descontar pela taxa livre de risco – r respectivamente. Essa metodologia deveria ser recursiva até chegar ao valor da opção no ano zero, que representa o prêmio da opção no valor presente e equivale ao valor agregado ao projeto pela opção gerencial. No entanto esse não é o caso, pois sabemos que a qualquer momento podemos optar por executar a expansão, não necessitando aguardar a chegada do vencimento (período 5). (BRASIL, 2005).

Nesse caso, a precificação segue o modelo de opção americana. Além de ponderar cada nó anterior ao período 5 pelas probabilidades de risco neutro, devemos também sempre comparar com a possibilidade de execução da opção antecipada, em cada um desses períodos e optar pelo maior valor. Abaixo segue a árvore binomial da opção de expansão.

Árvore Binomial para opção de expansão						
0	1	2	3	4	5	
					R$ 5.494.415,76	Xu^4
				R$ 3.884.056,53		
			R$ 2.824.146,15		R$ 2.824.146,15	Xdu^4
		R$ 2.126.531,60		R$ 2.126.531,60		
	R$ 1.667.373,86		R$ 1.667.373,86		R$ 1.667.373,86	Xd^2u^3
R$ 1.365.164,24		R$ 1.365.164,24		R$ 1.365.164,24		
	R$ 1.166.255,13		R$ 1.166.255,13		R$ 1.166.255,13	Xd^3u^2
		R$ 1.035.336,62		R$ 1.035.336,62		
			R$ 949.168,34		R$ 949.168,34	Xd^4u
				R$ 892.453,88		
					R$ 855.125,40	Xd^5

Tabela 31 - Árvore binomial opção de expansão

MAX(VPLperíodo_4*0,2758+783.248;(Xd5*(1-p)+Xd4u*p)/(e^r))

$VPL_{período_5}$*0,2758+783.248 (conforme eq. da Fig.3)

Para análise da opção de abandono (equivalente a put americana), devemos comparar o ganho de abandonar o projeto e vender o projeto (VP da opção de venda Tabela 25) com o valor presente de cada nó apresentado na árvore do ativo de referência. Quando o VP da opção de venda for superior aos fluxos gerados pela continuidade do projeto, devemos abandoná-lo e efetuar a venda pelo valor residual. Ao montar todas as possibilidades de abandono deve-se proceder ponderando os valores por p e (p-1) e trazê-los ao valor presente descontando a taxa livre de risco assim como no caso da opção de expansão.

Árvore Binomial para opção de abandono					
0	1	2	3	4	5
					R$ 0,00
				R$ 0,00	
			R$ 0,00		R$ 0,00
		R$ 0,00		R$ 0,00	
	R$ 0,00		R$ 0,00		R$ 0,00
R$ 4.419,05		R$ 0,00		R$ 0,00	
	R$ 11.249,91		R$ 0,00		R$ 0,00
		R$ 28.639,70		R$ 0,00	
			R$ 72.910,15		R$ 0,00
				R$ 185.612,65	
					R$ 472.527,52

Tabela 32 - Árvore binomial opção de abandono

Através de uma rápida análise, vê-se que somente no quinto ano é interessante abandonar o projeto, e mesmo no quinto ano, a opção de expandir a usina se torna mais interessante que a de abandono, justificando então a call ao invés da put. Para todos os outros anos, manter o projeto e assumir o VPL do é melhor que abandonar o projeto pelo seu valor residual.

De posse dos resultados acima se pode afirmar que a opção de tomada de decisão gerencial possui valor, e que para as simulações acima a opção de expansão deve ser tomada em detrimento da opção de abandono mesmo no pior cenário do quinto ano. A opção de abandono apresentou baixo prêmio (valor presente) de somente R$4.419,05. O prêmio que deve ser considerado na análise do projeto para a opção de expansão é de R$1.365.164,64 e essa decisão deve ser tomada imediatamente, não justificando aguardar a formação de nenhum cenário futuro.

A avaliação pelo método de opções reais apresentou diferença muito significativa em comparação ao modelo tradicional que foi de R$ 2.109.921,10 – Io = R$1.443.153,58. Ao analisar o projeto somente através de um modelo estático, o investidor pode estar subavaliando o potencial do negócio. O valor que deve ser considerado para o projeto segue então o seguinte modelo: VPL + Prêmio da Opção – Io = R$2.808.318,22.

5 – CONCLUSÃO

Pelos resultados encontrados foi possível observar que o valor da tomada de decisões é positivo e agrega valor ao projeto. Isso era de se esperar, pois dada a variabilidade do projeto, flexibilidades gerenciais em cima dessas possibilidades tendem a gerar valor em relação à análise estática. A opção de verticalização da empresa e produção de pré-moldados ao invés da venda exclusiva de agregados se mostrou de grande valia, uma vez que agrega ao projeto a margem de lucro dos artefatos de concreto produzidos com o insumo reciclado.

Fora o problema citado na metodologia onde o VPL segue um movimento do tipo MGB, outra crítica em relação ao modelo adotado está na aproximação do VP da expansão de uma função linear, que deveria ser discreta e permitindo apenas números inteiros que representam o número de máquinas de pré-moldados adquiridas. Para o projeto estudado, a solução ótima está em comprar 4,8 máquinas de pré-moldados configurada para produção de blocos de vedação, esse valor deverá ser arredondado para 5 máquinas.

Como o bloco de vedação possui uma quantidade de cimento muito inferior aos demais itens (meio-fio, piso intertravado), ele se tornou a melhor alternativa em termos de produção de artefatos, não justificando utilizar recursos que restringem a produção com outros itens. Na prática um mix de produtos pode trazer benefícios que afetam a viabilidade financeira indiretamente, como conquista de novos clientes e retenção de clientes, portanto seria interessante produzir outros tipos de artefatos e não somente os blocos de vedação conforme apresentado pelo modelo.

Outra sugestão de aprimoramento da análise seria no refino da distribuição de chegada de resíduo RCC tipo A na usina. O levantamento de dados reais da dispersão da chegada de material em cidades que possuem usina de RCC instalada geraria resultados mais interessantes em termos da curva de distribuição dos resíduos. Outro parâmetro do modelo que precisou ser estimado foi o beta utilizado no cálculo da taxa de desconto como sendo a média dos últimos 12 meses de empresas do setor de construção civil com o de saneamento. Essa aproximação foi necessária devido a grande dificuldade de relacionar o risco do empreendimento com o risco do mercado, uma vez que o beta é a covariância do retorno do ativo com o mercado divido pela variância do mercado.

Para o desenvolvimento de trabalhos futuros outros itens de pré-moldados podem ser considerados na produção da usina, assim como estimar a distribuição de chegadas de resíduo na usina através de dados históricos. Além das opções de expansão e abandono outras podem

ser consideradas, como contração, postergação e alteração de custos pela mudança dos planos de produção. Pode-se utilizar também o método de árvore binomial com o ativo de referência seguindo o movimento aritmético browniano, para resolver o problema exposto no item 1.5 avaliando de forma mais realista a opção de expansão (superavaliada) e abandono (subavaliada).

6 REFERÊNCIAS

AQUINO, Vagner. **Informações ABRECON 2012.** [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <yuriresende@yahoo.com.br> em 30 julho 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 10.004**. resíduos sólidos - classificação. 2004. São Paulo, Brasil.

BASTOS, Pedro K. X. ; LIMA, Heber de Souza . **Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos de Construção Civil de Juiz de Fora**. 1. ed. Juiz de Fora: Prefeitura de Juiz de Fora, 2010. v. 30. 310p .

BERNADES, A. et al. Quantificação dos resíduos da construção e demolição coletas no município de Passo Fundo, RS. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 8, n. 3, p. 65-76, jul./out. 2008.

BLACK, F.; SCHOLES, M. M. The Pricing of Options and Corporate Liabilities. **The Journal of Political Economy**, University of Chicago, Chicago, v. 81, n.3, p. 637-654, maio-jun., 1973.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002. **Diário Oficial [da] Republica Federativa do Brasil**, Brasília, DF.

CABRAL, Antônio Eduardo Bezerra. **Modelagem de propriedades mecânicas e de durabilidade de concretos produzidos com agregados reciclados, considerando-se a variabilidade da composição do RCD.** 2007. 254f. Dissertação (Doutorado) – Escola de Engenharia, Universidade de São Carlos, 2007.

CARELI, Élcio Duduchi. **A resolução CONAMA nº 307/2002 e as novas condições para gestão dos resíduos de construção e demolição.** 2008. 155 f. Dissertação (Mestrado) - Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, São Paulo, 2008.

COX, J.; ROSS, S.; RUBINSTEIN, M. Option pricing: a simplified approach. **Journal of Financial Economics**, v.7, p.229-264, 1979.

GONZALEZ, M.A.S.; RAMIRES, M.V.V. Análise de gestão dos resíduos gerados dentro dos canteiros de obras. In: IV SIBRAGEC, I ELAGEC, 2005, Porto Alegre. Anais...Porto Alegre,2005.

DAMODARAM, A. **Avaliação de investimentos: ferramentas e técnicas para a determinação do valor de qualquer ativo.** Rio de Janeiro: QualityMark, 2010

DEGANI, Clarice Menezes. **Sistemas de gestão ambiental em empresas construtoras de edifícios.** 2003. 223 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

DIXIT, A.K.; PINDYCK, R.S. **Investment under Uncertainty.** Princeton University Press, Princeton, N.J., 1994.

FREITAS, Welington Costa. **Análise da geração de resíduos da construção civil no município de Batatais - SP para implantação de gerenciamento integrado.** 2009. 126 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Ribeirão Preto, Ribeirão Preto, 2009.

HULL, J.C. **Options, Futures and Other Derivatives**. Prentice Hall (5a edição). 2002.

I&T. **Site da I&T Gestão de Resíduos.** Disponível em: <http://www.ietsp.com.br/text/technical>. Acesso em: 30/02/2014.

JOHN, V. M. **Panorama sobre a reciclagem de resíduos na construção civil**. In: SEMINÁRIO
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 2., 1999, São Paulo. **Anais...** São Paulo: IBRACON, 1999.

JOHN, V. M. **Reciclagem de resíduos na construção civil:** contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento. 2000. Tese (Livre Docência) – Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

JOHN, V. M. Aproveitamento de resíduos sólidos como materiais de construção. In: CARNEIRO, A. P.; BRUM, I. A. S.; CASSA, J. C. S. **Reciclagem de entulho para produção de materiais de construção:** projeto entulho bom. Salvador: EDUFBA, 2001.

LIMA, J. A. R. **Proposição de diretrizes para produção e normalização de resíduo de construção reciclado e de suas aplicações em argamassas e concretos**. 1999. 223f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 1999.

LEITE, Mônica Batista. **Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição**. 2001. 270 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

MIRANDA, L. F. R. **Estudo dos fatores que influem na fissuração de revestimentos de argamassa com entulho reciclado**. São Paulo, 2000. 172 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2000.

MIRANDA, L. F. R.; ÂNGULO, S. C.; Carelli, E. D**. A reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil: 1986-2008**. Ambiente Construído, vol. 9, n. 1, 2009.

MODIGLIANI, F; MILLER, M. H. **The cost of capital, corporation finance and the theory of investment.** *American Economic Review*, v. 48, n. 3, p. 261-297, 1958.

PIETERSEN, H. S.; FRAAY, A.L.A.; HENDRIKS, C. F. **Aplication of recycled aggregates in concrete: experiences from the Netherlans.** In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF THE CEMENT AND CONCRETE INDUSTRY. Ottawa, Canada: CANMET/ACI, 1998.

PINTO, T. P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana.** 1999. 190 f. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

PORTO, M. E. H; SILVA. S. V. **Gestão do projeto de reaproveitamento dos entulhos de concreto gerados pela construção civil.** ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 30., 2010, São Carlos, SP. **Anais...** São Carlos, SP. 2010.

SHARPE, William F. Capital Asset Prices – A Theory of Market Equilibrium Under Conditions of Risk. **Journal of Finance,** n. 19, v.3, p.425–442, 1964.

TRIGEORGIS, L. **Real Options**: Managerial Flexibility and Strategy in Resource Allocation. Boston: MIT Press, 1996.

ZORDAN, S. E.; PAULON, V. A. **A utilização do entulho como agregado para o concreto.** In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7.,1998, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ANTAC, 27 a 30 de abril de 1998, p.923-932.

7 ANEXO 5 – TERMO DE AUTENTICIDADE

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
FACULDADE DE ENGENHARIA

Termo de Declaração de Autenticidade de Autoria

Declaro, sob as penas da lei e para os devidos fins, junto à Universidade Federal de Juiz de Fora, que meu Trabalho de Conclusão de Curso do Curso de Graduação em Engenharia de Produção é original, de minha única e exclusiva autoria. E não se trata de cópia integral ou parcial de textos e trabalhos de autoria de outrem, seja em formato de papel, eletrônico, digital, áudio-visual ou qualquer outro meio.
Declaro ainda ter total conhecimento e compreensão do que é considerado plágio, não apenas a cópia integral do trabalho, mas também de parte dele, inclusive de artigos e/ou parágrafos, sem citação do autor ou de sua fonte.
Declaro, por fim, ter total conhecimento e compreensão das punições decorrentes da prática de plágio, através das sanções civis previstas na lei do direito autoral[1] e criminais previstas no Código Penal[2], além das cominações administrativas e acadêmicas que poderão resultar em reprovação no Trabalho de Conclusão de Curso.

Juiz de Fora, _____ de _____ de 20____.

_____	_____
NOME LEGÍVEL DO ALUNO (A)	Matrícula
_____	_____
ASSINATURA	CPF

[1] LEI N° 9.610, DE 19 DE FEVEREIRO DE 1998. Altera, atualiza e consolida a legislação sobre direitos autorais e dá outras providências.
[2] Art. 184. Violar direitos de autor e os que lhe são conexos: Pena – detenção, de 3 (três) meses a 1 (um) ano, ou multa.