



**XXIV SNPTEE
SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**

CB/GIA/09

22 a 25 de outubro de 2017
Curitiba - PR

GRUPO XI

GRUPO DE ESTUDO DE IMPACTOS AMBIENTAIS - GIA

**A UTILIZAÇÃO DO MÉTODO DE MONTE CARLO NA GESTÃO DOS CUSTOS AMBIENTAIS: UM ESTUDO
SOBRE PROJETOS AMBIENTAIS NA CGTEE-CANDIOTA/RS**

**Cezaraugusto Gomes Scalcon(*)
CGTEE**

**Luiza Alves Scherer
Pessoa Física**

RESUMO

As questões ambientais têm representado custos ou benefícios, ameaças ou oportunidades para as empresas, o que as faz, introduzidos recursos e ações que diminuam o impacto ambiental, pois um de seus fatores de geração de riqueza são os recursos naturais.

Avaliando estas condições, é que este trabalho teve como objetivo analisar a viabilidade de projetos ambientais utilizando a Simulação de Monte Carlo, através da avaliação de dados reais de uma empresa, para que uma tomada de decisão seja eficaz.

Para esta Simulação foi utilizado o programa Minitab, que gerou vários gráficos que evidenciam o grau de confiabilidade desta ferramenta.

PALAVRAS-CHAVE

Simulação, Monte Carlo, Custos, Custo Ambiental, Gestão Ambiental

1.0 - INTRODUÇÃO

O cenário econômico mundial faz com que as empresas estejam cada vez mais integradas. Com elas a preocupação com a preservação do meio ambiente, tem tido maior relevância, pois problemas como efeito estufa e a diminuição da camada de ozônio, são implicações causadas, em grande parte, pela poluição das indústrias.

As questões ambientais têm representado custos ou benefícios, ameaças ou oportunidades para as empresas, o que as faz, reposicionar estratégias, para que sejam introduzidos recursos e ações que diminuam o impacto ambiental, pois um de seus fatores de geração de riqueza são os recursos naturais. Estas questões levam também muitas empresas a considerar que o investimento em projetos ambientais tem custos sem retorno, porém como demonstrar a viabilidade e o retorno dos investimentos ambientais.

Avaliando estas condições, é que este trabalho teve como objetivo simular a análise de viabilidade de projetos ambientais utilizando a simulação de Monte Carlo. Neste cenário, a simulação de Monte Carlo, foi utilizada para apoiar uma gestão de custos ambientais, utilizando-a como uma ferramenta para fazer a análise econômica da atividade ou investimento. Segundo Garcia, Lustosa e Barros (2010), a simulação de Monte Carlo é utilizada para avaliar fenômenos que podem se caracterizar por um comportamento probabilístico, que através de hipóteses permite resolver uma quantidade grande de problemas, como a simulação de cenários e o posterior o cálculo de um valor esperado. Assim é que a Simulação de Monte Carlo será utilizada para explorar evidências de retorno econômico dos investimentos em Meio Ambiente, através da avaliação de dados reais de uma empresa, para que uma tomada de decisão seja eficaz.

Para Kraemer (2005) a gestão dos custos ambientais é um recurso fundamental que serve para aumentar ou reduzi-los. É por meio desta gestão que o sistema, existente, se fortalece e facilita a formação de sistemas padronizados.

Encarar de forma diferente os investimentos em meio ambiente, é uma possível forma de indicar qual o retorno econômico que estes investimentos podem proporcionar as empresas.

Para melhorar o desempenho ambiental da organização é necessário que o gerenciamento de seu sistema econômico seja eficaz. E é através da análise econômica de investimentos que se têm informações de sua viabilidade, tornando as empresas competitivas e duradouras. Na primeira seção será feita a introdução do trabalho, a segunda seção são analisados os materiais e métodos, na terceira seção são apresentados resultados e discussões e na quarta as conclusões.

2.0 - MATERIAL E MÉTODO

As decisões tomadas nas empresas são baseadas em técnicas e dados, analisados pelos gestores, que assim estudam e avaliam com precisão a situação de determinado projeto. As decisões escolhidas com certeza afetam a viabilidade da empresa, tanto positiva como negativamente.

Para isso, a Simulação de Monte Carlo pode ser utilizada para encontrar o VPL - valor presente líquido, de um investimento, onde é analisada a estimativa de viabilidade do negócio antes mesmo de se ter o desembolso para o investimento requerido.

Titman (2010) fundamenta que “a simulação é geralmente usada para resolver problemas muito complexos de opções reais que envolvem fontes de incertezas múltiplas e interativas”. Lustosa et al (apud Rodrigues, Nunes e Adriano, 2010) corroboram dizendo que a simulação vale-se de problemas decisórios de várias naturezas, e é especialmente útil em circunstâncias que envolvem análise de riscos.

Hoje, os dados simulados são utilizados rotineiramente, onde existem dificuldades com limitação de recursos para obter dados aproximados com os valores reais. Para Ross (apud Rodrigues, Nunes, Adriano, 2010) a simulação de Monte Carlo é conhecida como um método empírico que determina probabilidades por meio de experimentos.

Em geral, o método de Monte Carlo nos dá a melhor estimativa de erros de estatística. Isto está em contraste com outros métodos numéricos. O cálculo de Monte Carlo possui tipicamente a seguinte estrutura: realizar o mesmo processo, muitas vezes, levar em conta todos os resultados individuais, e uma aproximação global para o problema em questão (JACKEL, 2002).

Para fazer uma simulação de Monte Carlo, é necessário um modelo quantitativo da atividade, plano ou processo de negócio que deseja-se explorar. Para o estudo da viabilidade através da simulação de Monte Carlo pode ser utilizado o Valor Presente Líquido (VPL) e a Taxa Interna de Retorno (TIR), que é uma das formas mais utilizadas para realizar a análise de viabilidade de um empreendimento.

Moura (2011) explica que o VPL é feito através de um cálculo para trazer todos os valores dos fluxos de caixa futuro para o presente, considerando a taxa de juro vigente (taxa de retorno, ou taxa de desconto). Está diretamente ligado com o fluxo de caixa, onde nele o investimento é representado com um valor negativo, ou seja, a saída do caixa.

O valor presente líquido é igual a zero quando as grandezas futuras, ao serem descontadas com uma determinada taxa, produzem um valor presente para o fluxo de caixa que é igual ao investimento inicial (desembolso) colocado no ponto zero da escala de tempo. (Puccini, 2011)

Abaixo, segue a representação da fórmula (1) do Valor Presente Líquido (VPL):

$VPL = \sum_{t=0}^n \frac{FC_t}{(1+i)^t}$	<p>t = período (anos ou meses) n = tempo total projeto (anos ou meses) i = taxa mínima de atratividade (TMA) FC = fluxo caixa por período</p>
---	--

(1)

Quadro 1- Fonte elaborada pelos autores

A taxa interna de retorno (TIR) de um fluxo de caixa é a taxa de desconto que faz o seu valor presente líquido ser igual a zero. Moura (2011) ilustra que ela identifica qual taxa a ser aplicada ao fluxo de investimentos, de modo que trazidos aos valores atuais, os investimentos, custos e despesas se igualem ao valor das receitas (também trazido ao valor atual). Ou seja, quanto maior a Taxa Interna de Retorno, melhor o investimento em termos de rentabilidade.

2.1 Custos Ambientais

A gestão dos custos ambientais é um método gerencial importante, pois cria condições para que as organizações controlem seus custos identificando-os como custos ambientais.

Bouças, Buratto e Silva (2009) consideram custo ambiental “como todo e qualquer dano que provoque impactos ambientais, como a emissão de gases poluentes, emissão dos dejetos sanitários, a contaminação dos solos por produtos químicos, etc”. Os autores ainda dizem que os custos ambientais são também aqueles que impactam diretamente as atividades das empresas, por provocarem custos para a sua detecção, prevenção e correção do meio ambiente.

Os custos ambientais possuem uma percentualidade muito significativa no resultado da organização, com isso é preciso que o gestor esteja atento em identificar o que a empresa está adquirindo para o controle e correção da poluição que está emitindo na atmosfera.

É possível considerar que os custos ambientais gerados pela empresa, também são formas de investimentos para que sejam, por exemplo, evitadas multas que estão previstas em leis, podendo evitar gastos e trazendo uma rentabilidade para a organização.

3.0 - METODOLOGIA

Os dados utilizados neste trabalho compreendem os projetos ambientais descritos na tabela 1 e referentes ao período de setembro de 2010 a junho de 2013. Foram utilizadas como ferramenta para a análise dos dados a planilha do Excel e o software Minitab® em uma versão de avaliação, que é um programa onde é possível desenvolver um modelo matemático, para criar dados simulados aleatoriamente.

Tabela - 1. Fonte: elaborado pelos autores.

Rede Automática de Monitoramento Ambiental.
Sistema de Análise Contínua das Emissões Atmosféricas.
Sistema de monitoramento de emissão de material particulado por opacidade dinâmica para as três chaminés.
Destinação final de resíduo sólido industrial perigoso, classe I.

Estes projetos acima (tabela 1) estão associados a um início de operação, seu valor, uma referência da empresa e sua descrição e serão identificados como projetos A, B, C e D respectivamente e estão representados um a um nas tabelas 2,3, 4 e 5.

Tabela 2- Projeto A

Referência na Empresa	Descrição do Projeto	Data de Início	Valor
Contrato XXXX/XXX/003/2011	Rede Automática de Monitoramento Ambiental	28/03/2011	R\$ 4.310.631,29
	Operação Assistida e Dataloguer	13/03/2012	R\$ 502.049,65
	Operação Assistida e Analisadores	05/04/2013	R\$ 487.571,09

Tabela 3- Projeto B

Referência na Empresa	Descrição do Projeto	Data de Início	Valor
Contrato <u>XXXX/XXX/092/2011</u>	Sistema de Análise Contínua das Emissões Atmosféricas	08/07/2011	R\$ 1.708.604,60
	Aquisição de Manutenções e Sistema de tratamento de Ar de Instrumento	24/09/2012	R\$ 144.902,20
	Aquisição de Manutenções e Peças	08/07/2013	R\$ 248.442,33

Tabela 4- Projeto C

Referência na Empresa	Descrição do Projeto	Data de Início	Valor
Contrato <u>XXXX/XXX/087/2011</u>	Sistema de monitoramento de emissão de material particulado por opacidade dinâmica para as três chaminés.	07/07/2011	R\$ 383.554,46

Tabela 5- Projeto D

Referência na Empresa	Descrição do Projeto	Data de Início	Valor
Contrato <u>XXXX/XXX/080/2010</u>	Destinação final de resíduo sólido industrial perigoso, classe I.	01/09/2010	R\$ 339.300,00
	Renovação por 1 ano	01/09/2011	R\$ 422.480,00
	Renovação por 1 ano	28/08/2012	R\$ 422.480,00

Foi adotada como data focal 10/10/2013, onde todos os investimentos foram trazidos a valor presente nesta data, a uma taxa de 6% ao ano. Os valores atualizados até a data focal estão representados na tabela 6.

Tabela 6-Fonte elaborada pelos autores

Contrato	VF Na data Focal
XXXX/XXX/003/2011	R\$ 6.049.002,97
XXXX/XXX/092/2011	R\$ 2.354.753,67
XXXX/XXX/087/2011	R\$ 1.282.614,20
XXXX/XXX/080/2010	R\$ 1.335.258,79
Total	R\$ 11.021.629,63

4.0 - FLUXO DE CAIXA

O fluxo de caixa projetado para determinar o VPL utiliza como valor do investimento inicial, na data zero, o valor determinado na data focal de 10/10/2013 equivalente a R\$ 11.021.629,63. Por limitação do software, utilizado para simulação, somente foi possível simular um fluxo de caixa para simular o VPL com seis períodos, ou seis anos de fluxo de caixa.

A fórmula utilizada no software para estes períodos foi a seguinte:

$$\text{Let 'VPL'} = -F_0 + (F_1 / (1 + \text{'TMA'})) + (F_1 / (1 + \text{'TMA'})**2) + (F_1 / (1 + \text{'TMA'})**3) + (F_1 / (1 + \text{'TMA'})**4) + (F_1 / (1 + \text{'TMA'})**5) + (F_1 / (1 + \text{'TMA'})**6) \quad (1)$$

Os valores do fluxo de caixa, para estes seis períodos, foram compostos por uma taxa de depreciação de 1/6 do investimento inicial, calculados na data focal, por período, mais o rateio, também em seis períodos, das multas aplicadas a empresa pelo órgão ambiental sem atualização, como multas evitadas. Onde a tabela 7 demonstra este fluxo de caixa.

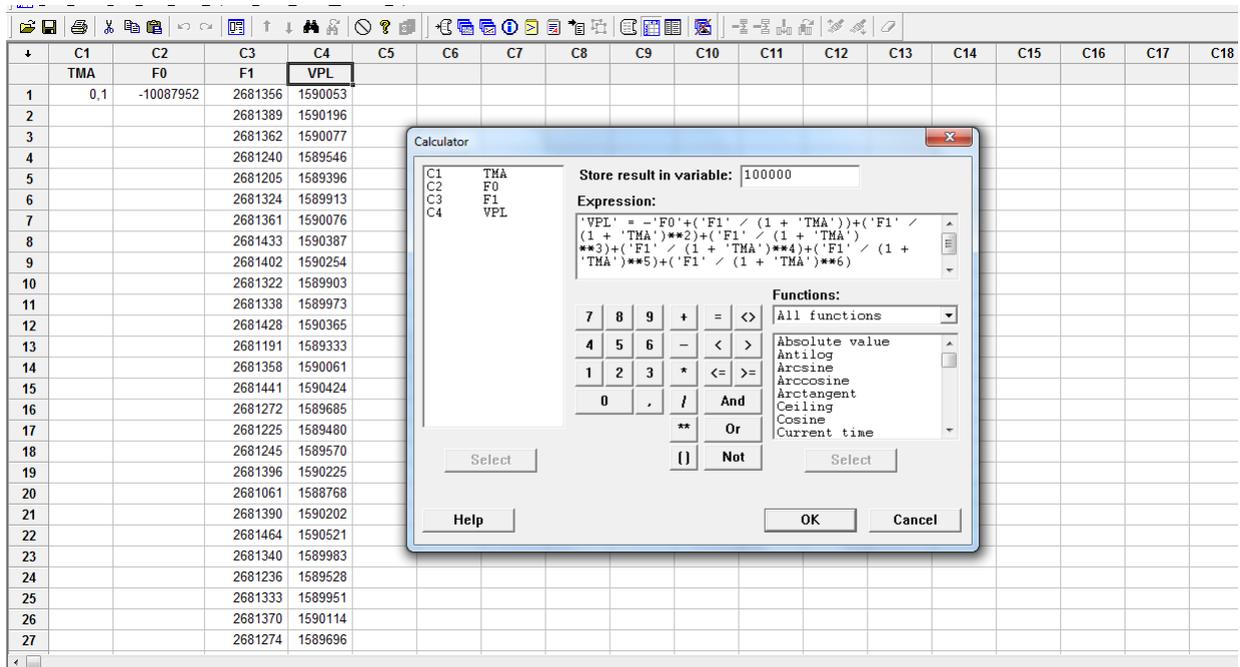


Figura 1-Fonte elaborada pelo autor

Tabela 7- Fonte elaborada pelos autores

Ano	Depreciação	Multas evitadas	Fluxo de caixa positivo
1	R\$ 1.836.938,27	R\$ 1.000.000,00	R\$ 2.836.938,27
2	R\$ 1.836.938,27	R\$ 1.000.000,00	R\$ 2.836.938,27
3	R\$ 1.836.938,27	R\$ 1.000.000,00	R\$ 2.836.938,27
4	R\$ 1.836.938,27	R\$ 1.000.000,00	R\$ 2.836.938,27
5	R\$ 1.836.938,27	R\$ 1.000.000,00	R\$ 2.836.938,27
6	R\$ 1.836.938,27	R\$ 1.000.000,00	R\$ 2.836.938,27

A fórmula do quadro 1 foi aplicada para determinar o VPL da tabela 7.

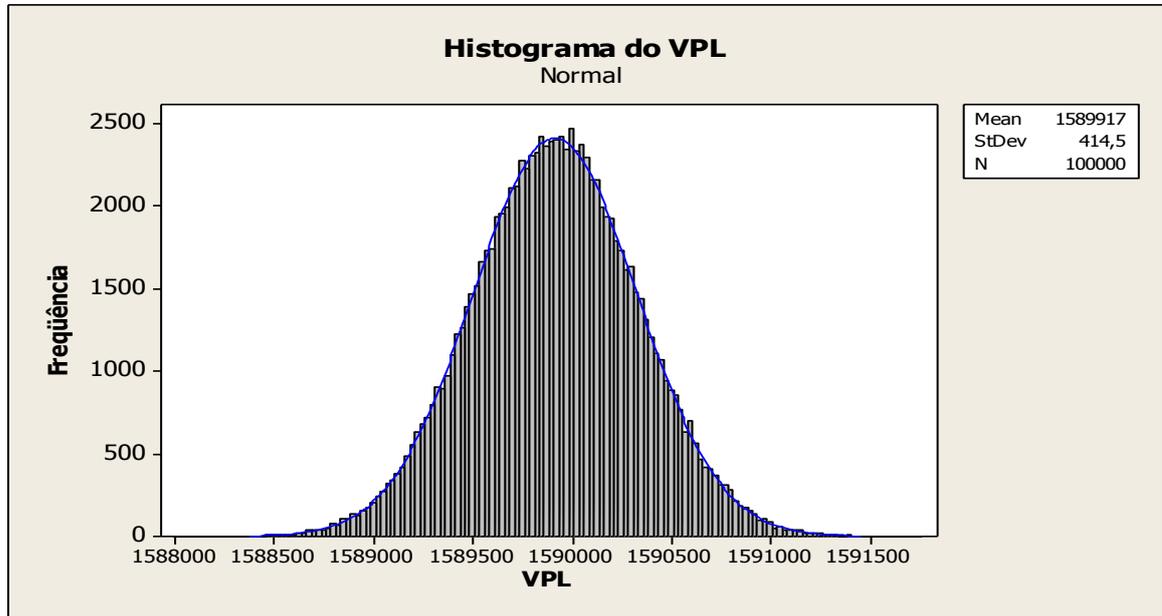
5.0 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os dados coletados durante este trabalho foram analisados e alinhados com o propósito de demonstrar a viabilidade de projetos ambientais utilizando a simulação de Monte Carlo e qual sua influência na tomada de decisão para implantação de investimentos ambientais para a empresa.

Para simulação dos resultados, foi utilizada como equação de transferência a equação (1) do VPL a uma taxa de 6% ao ano.

O Histograma 1 abaixo representa a simulação de Monte Carlo, onde foi aplicada 100 mil variações do fluxo de caixa em seis períodos, através do programa Minitab®.

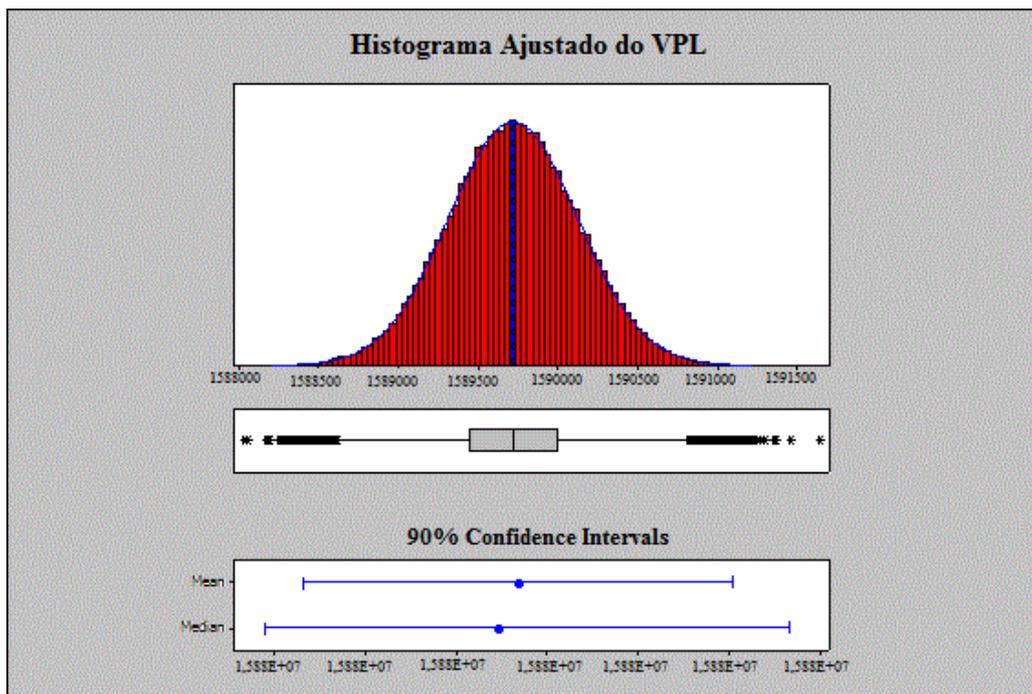
HISTOGRAMA – 1



Observa-se que no histograma há uma escala de frequência de um valor presente líquido aproximadamente 2.500 vezes, onde obteve um valor médio de R\$ 1.589.917,00.

Nesta simulação foi aplicada a distribuição normal, pois segundo Ryan (2009) a distribuição normal é utilizada muitas vezes para aproximar da distribuição real (desconhecida) de muitas variáveis aleatórias. A curva normal revela uma simetria, o que permite supor um valor médio demonstrado no Histograma 2 abaixo.

Histograma 2- Histograma do VPL Ajustado



O Histograma 2 corresponde ao VPL já ajustado mediante a distribuição normal, pois com um grande número de observações este método estatístico colabora para aproximação de um valor real. Como pode ser observada a distribuição normal é simétrica, ou seja, estabelece um “corte” em seu ponto central, onde as duas metades possuem um formato idêntico. (Nunes, Nogueira, Ribeiro, 2001). Em uma estatística que gerou 100.000 vezes um VPL, diante a curva normal, mostra-se a média que apresenta 90% de confiabilidade neste valor apresentado.

Sabendo-se que o valor total do seu fluxo de caixa deste investimento equivale a R\$ 11.021.629,63. O seu VPL representa o valor investido por ano neste equipamento, onde percebemos que é evitada uma multa de aproximadamente 6 milhões de reais durante todo o projeto, mostrando-se viável para a Companhia.

6.0 - CONCLUSÃO

Na busca de resultados positivos, as empresas se movem para buscar ferramentas apropriadas para que sejam utilizadas em sua gestão econômica. O conhecimento dos custos de uma organização é indispensável dentro de uma gestão para que esta empresa tenha bons resultados. A preocupação mundial com o meio ambiente, fez com que as organizações considerassem seus custos ambientais como custos sem retornos, onde não pudessem ter uma viabilidade mediante a seus investimentos ambientais.

Com isso, a gestão dos custos ambientais mostra-se importante pelo fato da empresa preocupar-se com seu desempenho e interação com o meio ambiente, mostrando a necessidade de ter o conhecimento de seus custos, gastos e investimentos ambientais, sendo utilizada como um recurso para o sistema de gestão ambiental da empresa e para a redução de custos.

Pensando em seus resultados as empresas buscaram ferramentas que são utilizadas como instrumentos de apoio às tomadas de decisões. As simulações matemáticas tornaram-se importantes para buscar uma previsão de investimentos permitindo saber das possibilidades de resultados futuros sabendo com antecipação a viabilidade de seus investimentos.

Neste sentido, a Simulação de Monte Carlo, mostrou-se uma ferramenta eficiente, pois com a aplicação do VPL e o auxílio do programa Minitab® foram feitas 100 mil simulações resultando uma média de R\$1.589.917,00 , ou seja, mesmo trazendo o valor real dos projetos ambientais para o valor presente, o valor alcançado foi positivo, o que mostra que há viabilidade desses projetos.

No estudo constatou-se que o gráfico gerado pelo programa apresentou uma curva de distribuição normal, onde estatisticamente ela é utilizada para aproximar valores reais dos dados aleatórios, mostrando mais veracidade nos resultados apresentados. Além disso, foi demonstrado através dos gráficos que os resultados da simulação de Monte Carlo evidenciam 90% de confiabilidade entre os intervalos dos valores gerados.

Ainda certificou-se que os resultados simulados foram resultados aproximados dos valores reais dos projetos da empresa, onde através do fluxo de caixa projetado, mostrou que foram evitadas multas de aproximadamente R\$ 6.000.000, 00 onde afetou positivamente o resultado da Organização.

Com estas constatações percebemos a importância de uma ferramenta para a tomada de decisão na gestão dos custos ambientais de uma empresa. Pois com este auxílio é possível que o gestor tenha mais informações e mais segurança para decidir quais investimentos quer fazer na sua empresa, evitando desperdícios que podem levar a um resultado não esperado.

Com este estudo sugere-se que a empresa aprofunde seu conhecimento no Método de Monte Carlo, para que esta ferramenta apoie ainda mais sua gestão de custos podendo fazer com que suas decisões sejam mais precisas e eficazes para seus investimentos ambientais.

7.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOUÇAS, Angela Siebra; BURATTO, Angelo Luiz; SILVA, Lino Martins da. Sistema ABC na Gestão dos Custos Ambientais: a importância de sua utilização na Gestão Ambiental In:Revista Sociedade, Contabilidade e Gestão, Rio de Janeiro, v. 4, n. 2, jul/dez 2009 Disponível em:<<http://www.atena.org.br/revista/ojs-2.2.3/06/index.php/ufrj/article/viewFile/766/774>> Acesso em: 23 maio 2013.

GARCIA, Solange; LUSTOSA, Paulo Roberto Barbosa; BARROS, Nara Rosa. A aplicabilidade do Método de Simulação de Monte Carlo na previsão dos custos de Produção de Companhias Industriais: O caso Companhia

Vale do Rio Doce. **Revista de Contabilidade e Organizações**. São Paulo: USP: Vol.4, Nº10, Setembro-Dezembro, 2010.

JACKEL, Peter. **Monte Carlo Method in Finance**, John Wiley & Sons Ltd, 2002.

KRAEMER; Maria Elisabeth. P. **Custos ambientais e sua gestão**, Monografias Com, Argentina, Buenos Aires, 2005- Disponível em: <<http://br.monografias.com/trabalhos/custos-ambientais/custos-ambientais.shtml#gestao>> Acesso em: 23 maio 2013

MOURA, Luiz Antônio Abdalla de. **Economia Ambiental: Gestão de custos e de Investimentos**, 4 ed, Belo Horizonte: Del Rey, 2011.

NUNES, Edson; NOGUEIRA, André Magalhães; Ribeiro, Leandro Molhano. **Futuros Possíveis, Passados Indesejáveis**. 1 ed. Rio de Janeiro:Garamond,2001.

PUCCINI, Abelardo de Lima. **Matemática Financeira objetiva e aplicada**, 9ª ed, Elsevier Editora, 2011.

RODRIGUES, Erivelton Menezes; NUNES, Rosângela Venâncio; ADRIANO, Nayana de Almeida. A simulação de Monte Carlo como instrumento para análise econômico-financeira em investimentos de risco- O caso de uma decisão de investimento na abertura de uma filial para revenda de equipamentos pesados no Estado do Ceará. In: XVII CONGRESSO BRASILEIRO DE CUSTOS, Belo Horizonte, 3 a 5 de novembro de 2010.

RYAN,Thomas. **Estatística Moderna para Engenharia**. Elsevier Editoda Ltda, 2009

TITMAN, Sheridan; MARTIN, Jonh. **Avaliação de Projetos e Investimentos: Valuation**. Tradução de Heloísa Fontoura. São Paulo: Bookman, 2010.

8.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



Nome – Cezaraugusto Gomes Scalcon

Local e data de Nascimento: Santa Maria – Rio Grande do Sul, 19/10/1963.

Local e ano da Graduação: UFSM – Mestrado em Eng. De Produção.

Experiência profissional: Professor da URCAMP.

Gerente Regional da CEEE

Chefe da Usina Presidente Médici – 2003 a 2006

Empregado da CGTEE deste 27/05/1986