

# Uma Análise, à Luz do Conceito de Custo de Oportunidade, da Equação que Permite o Cálculo da Vida Econômica Para a Substituição de Equipamentos

## RESUMO

*Manter um equipamento em funcionamento até o final de sua vida física nem sempre é a opção mais econômica disponível às empresas, pois, com o passar do tempo, gastos com reparos e/ou manutenção tendem a se elevar e, a partir de determinado momento, a troca do equipamento pode se tornar mais adequada que seu conserto. Para o cálculo deste momento, existem formulações matemáticas, cujo resultado representa a vida econômica do ativo estudado. Dentro destas formulações, há um tratamento do custo de oportunidade como uma taxa de desconto, mas não também como a rentabilidade que poderia ser obtida em um investimento alternativo. Desta forma, este artigo teve por objetivo verificar se o resultado da equação utilizada para o cálculo da vida econômica de equipamentos sofre alteração significativa quando nela se inclui, em valor absoluto, o custo de oportunidade do capital investido em tais equipamentos. Os resultados obtidos indicam que a vida econômica calculada com base na formulação existente e a vida econômica calculada com base na nova formulação apresentam o mesmo valor. Isto leva a pensar que a determinação do momento para se substituir um equipamento não é afetada pela inclusão do custo de oportunidade (em valor absoluto) na decisão de se manter o investimento no equipamento.*

Palavras-Chave: Substituição de Equipamentos; Custo de Oportunidade; Vida Econômica de Equipamentos.

## 1. INTRODUÇÃO

Na gestão de organizações, fatores como a determinação do momento ótimo para a substituição de equipamentos apresentam reflexos tanto na eficiência da utilização de tais ativos quanto nos custos operacionais apresentados pelas empresas. Conforme destaca Scheuble (1964, p. 73), “decisões sobre a substituição de equipamentos tem um efeito profundo no curso futuro dos negócios e em sua estabilidade financeira”. A busca pelo melhor período para se substituir um bem decorre do fato de que continuar com este bem em operação, até o final de sua vida física, nem sempre é a opção mais econômica disponível às empresas.

A opção que indica quando se torna mais dispendioso continuar mantendo um ativo em operação está ligada ao conceito de vida econômica. De acordo com autores como Neves (1982) e Casarotto Filho e Kopittke (2000), a vida econômica dos equipamentos pode ser calculada por meio de equações matemáticas, encontrando-se assim um ponto ótimo para a substituição. Na composição destas equações, conforme apresentado mais detalhadamente em Neves (1982, p. 151), aborda-se o custo de oportunidade, representado como uma taxa de desconto.

Como o custo de oportunidade, em valores absolutos, corresponde ao rendimento que poderia ser obtido por um dado montante de recursos em sua melhor aplicação alternativa (PEREIRA E OLIVEIRA, 2006, p. 389), o objetivo deste artigo é verificar se a sua inclusão na equação para o cálculo da vida econômica influencia o resultado final desta equação. Para

tanto, buscou-se responder à seguinte questão: o resultado da equação para o cálculo da vida econômica sofre alteração significativa quando nela se inclui, em valor absoluto, o custo de oportunidade do capital investido no equipamento?

Com relação ao tipo de pesquisa, esta se classifica como exploratória, quando se trata de responder à pergunta proposta. A análise dos dados será baseada em uma situação descrita por Neves (1982, p. 156), em que será comparado o resultado obtido pela equação existente com o apresentado pela formulação proposta. Espera-se que esta pesquisa, de uma forma geral, possa contribuir tanto para estudos que envolvam a substituição de equipamentos quanto para estudos que trabalhem com o custo de oportunidade no contexto empresarial.

Incluindo esta parte introdutória, esta pesquisa está dividida em cinco seções. A segunda seção traz o referencial teórico utilizado para a condução da pesquisa. A terceira parte trata dos aspectos metodológicos. A quarta parte apresenta a descrição da situação que serve de base para o estudo, os resultados obtidos com a aplicação da nova formulação e sua posterior análise. A quinta seção encerra apontando as considerações finais.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

Neste tópico apresenta-se uma revisão da literatura a respeito de substituição de equipamentos, abordando-se conseqüentemente a equação que é utilizada para a determinação de sua vida econômica. Como faz parte do objetivo deste trabalho um tratamento do custo de oportunidade dentro desta equação, apresenta-se também um sub-tópico o caracterizando.

### 2.1 SUBSTITUIÇÃO DE EQUIPAMENTOS

Juntamente com o passar do tempo, a utilização dos equipamentos pelas empresas, e em geral, provoca um desgaste dos mesmos e a conseqüente necessidade de manutenção, pequenos reparos e/ou troca de alguns de seus componentes. Neste contexto se situa o estudo para a substituição de equipamentos que, segundo Scheuble (1964, p. 73), tem como objetivo a utilização destes ativos de forma mais eficiente, obtendo-se menores custos unitários e uma maior lucratividade. Puccini *et all.* (1969) e Neves (1982) colocam que o citado estudo se divide em dois tópicos, como segue:

- i. substituição de unidades que se desgastam: envolve o conceito de que falhas ocorridas podem ser reparadas, onde o equipamento novamente pode ser colocado em condições de uso (NEVES, 1982, p. 147); ou seja, “a eficiência do equipamento cai com o tempo e pode ser recuperada por uma ação corretiva” (PUCCINI *et all.*, 1969, p. 92);
- ii. substituição de unidades que se destroem: trata-se dos casos em que “as unidades cessam repentinamente de funcionar (lâmpadas, válvulas)” (PUCCINI *et all.*, 1969, p. 92). Estas características implicam em uma substituição imediata, onde o estudo que se realiza nesses casos busca “determinar se vale a pena ou não retirar de uso esses itens antes de completarem sua vida física, considerando-se a possibilidade de falhas e os custos que estas implicam” (NEVES, 1982, p. 147).

Para este artigo, o foco será dado no primeiro tópico, cuja hipótese é de que a “substituição visa a reduzir custos, que aumentam à medida que o equipamento envelhece” (PUCCINI *et all.*, 1969, p. 93). Segundo Marrim (1978, p. 65), esta análise indica “se é ou não mais econômico usar o equipamento existente ou adquirir um novo equipamento, levando-se em consideração a alternativa de troca”. Sua relevância se mostra no fato de que, a partir de algum momento, a aquisição de um novo maquinário, por exemplo, implicará na redução de custos operacionais, que impactam diretamente o resultado das empresas.

Os estudos de substituição de equipamentos são particularmente importantes para empresas com uso intensivo de bens de capital, as quais possuem uma quantidade apreciável de máquinas, ou uma frota considerável de equipamentos móveis e/ou veículos, acarretando uma alta participação destes em seus custos operacionais (MOTTA e CALÔBA, 2002, p. 162).

Antes de se adentrar nas equações para o cálculo do período ótimo de substituição, faz-se necessária uma abordagem do conceito de vida econômica. De acordo com Casarotto Filho e Kopittke (2000, p. 170), a determinação da vida econômica consiste em encontrar os custos anuais equivalentes do ativo para todas as vidas úteis possíveis; o período para o qual este custo é mínimo representa o período de vida econômica do ativo. Nas palavras de Neves (1982, p. 150), a vida econômica “indica a época ótima de substituição de um equipamento por outro similar nas mesmas condições de operação e de custos iniciais, corrigindo-se, é claro, a desvalorização da moeda”.

Estes custos são representados por manutenções e reparos a serem feitos no equipamento ao longo do tempo. Conforme destaca Scheuble (1964, p. 79), a incidência e o montante dos custos de manutenção e reparo são difíceis de determinar. No entanto, ao mesmo tempo estes custos são usualmente baixos no primeiro ano e crescentes com o decorrer do tempo de uso do equipamento, de onde se pode obter, segundo o citado autor, um padrão de crescimento a ser considerado na análise.

Neste contexto, o cálculo para se encontrar o custo anual equivalente de um dado equipamento, segundo Neves (1982, p. 152), é dado pela Equação 1, a seguir, apresentada juntamente com a descrição de cada um de seus componentes, abordados com maiores detalhes no sub-tópico 4.2 deste artigo.

$$CA(T) = \frac{i}{(1 - e^{-iT})} \cdot (P(0) + B - P(T) \cdot e^{-iT} + \int_0^T C(t) \cdot e^{-it} dt) \quad (1)$$

Onde,

t = tempo;

i = taxa de juros;

CA(T) = custo médio da decisão de manter o equipamento de 0 a T;

P(0) = preço inicial do equipamento;

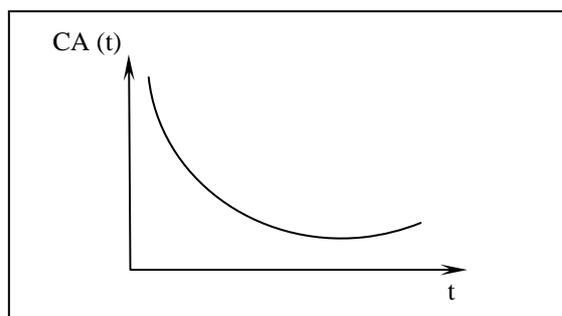
B = custo de instalação do equipamento no instante t = 0;

P(t) = valor de venda do equipamento na época t;

C(t) = função do custo (operacional e de manutenção) na época t.

Conforme pode ser observado, aplica-se nesta análise o cálculo integral, utilizando-se, conseqüentemente, o regime de capitalização contínua. A explicação para a adoção de tal regime de capitalização decorre de que, neste ambiente, pode-se calcular a derivada desta função, encontrando-se seu ponto de mínimo.

Em outras palavras, com a aplicação da derivada na Equação 1, pode-se encontrar, com uma rápida solução, o período em que a vida econômica do equipamento terá seu fim. O gráfico que pode ser gerado pela Equação 1 é apresentado na Figura 1, a seguir.



Fonte: Neves (1982, p. 155).

**Figura 1:** Gráfico do custo médio da decisão de se manter um equipamento

O gráfico presente na Figura 1 mostra que, até certo ponto, o custo médio de utilização do equipamento é decrescente. Após este ponto, o valor do citado custo tende a aumentar, indicando o final de sua vida econômica. Conforme corroborado por outros autores, como Scheuble (1964, p. 79), Casarotto Filho e Kopittke (2000, p. 167) e Motta e Calôba (2002, p. 163), o agravamento progressivo de falhas implica em tempos de manutenção e reparo cada vez maiores, impactando, assim, no aumento dos custos relacionados.

A derivada da Equação 1, apresentando o tempo como a variável procurada, é capaz de fornecer o ponto de mínimo da função que representa o custo médio do equipamento. Esta derivada está presente, a seguir, na Equação 2.

$$CA'(T) = \frac{i}{(1 - e^{-iT})} \cdot (-P'(T) \cdot e^{-iT} + i \cdot P(T) \cdot e^{-iT} + C(T) \cdot e^{-iT}) - \frac{i^2 \cdot e^{-iT}}{(1 - e^{-iT})^2} \cdot (P(0) + B - P(T) \cdot e^{-iT} + \int_0^T C(t) \cdot e^{-it} dt) \quad (2)$$

Quando se iguala o resultado desta equação a zero, ou seja, considera-se  $CA'(T) = 0$ , torna-se possível calcular o valor de “T” que provoca este resultado. Ao se encontrar este valor, tem-se o momento que indica a vida econômica do equipamento estudado. Com o auxílio de funções presentes em planilhas eletrônicas, como o Microsoft Excel, por exemplo, o cálculo da variável tempo, dentro desta derivada, torna-se mais facilitado. No tópico quarto deste artigo, estes cálculos e a aplicação da citada planilha são abordados com maiores detalhes.

## 2.2 CUSTO DE OPORTUNIDADE

O conceito de custo de oportunidade é proveniente da Teoria Econômica e, conforme Pereira e Oliveira (2006, p. 388), foi Frederick Von Wieser (1851-1926) quem originalmente o empregou para mensuração do valor econômico dos fatores de produção. Segundo a concepção deste autor, “o custo de oportunidade de um fator de produção representa a renda líquida gerada por este fator em seu melhor uso alternativo” (PEREIRA e OLIVEIRA, 2006, p. 388). Araújo e Assaf Neto (2003, p. 22) esclarecem que este custo pode ser definido como “a melhor alternativa de investimento desprezada quando na escolha de um outro, de mesmo risco”; a rentabilidade da melhor alternativa de investimento não escolhida implica no custo de oportunidade.

Goulart (2002, p. 21) cita uma forma de raciocínio para a compreensão de seu conceito: “ao escolher, toma-se um curso de ação, abandonando outras alternativas que proporcionariam benefícios específicos”. Ou seja, ao se escolher algo, normalmente ter-se-á de sacrificar outra coisa, representando esta alternativa desprezada o custo de oportunidade da

alternativa escolhida. Goulart (2002, p. 21) ainda esclarece que “é interessante notar que, quando se escolhe algo, tem-se a tendência de olhar apenas para aquilo que foi obtido com a escolha, não se atentando para os benefícios que foram sacrificados pelo fato de não se ter escolhido outras alternativas”. Complementa-se este raciocínio colocando-se que “o resultado de uma decisão decorre do confronto entre o benefício gerado pela alternativa escolhida e o benefício que seria obtido pela escolha da melhor alternativa abandonada” (PEREIRA e OLIVEIRA, 2006, p. 389).

Neves (1982, p. 129) considera que o custo de oportunidade representa as oportunidades de remuneração sobre um investimento, externas e acessíveis à empresa. Desta forma, o custo de oportunidade, visto como a remuneração de um investimento alternativo que poderia ser obtida pela empresa, apresenta potenciais benefícios para a avaliação de desempenho e resultados (CATELLI, 2006).

Nesta abordagem, o conceito do custo estudado neste tópico é relevante para a determinação do resultado econômico apresentado pela empresas, permitindo a “avaliação simultânea do desempenho organizacional e do valor da empresa” (REIS, 2002, p. 49).

Pressupõe-se, desta forma, que o estudo para substituição de equipamentos, como envolve decisões gerenciais, baseando-se em custos para sua análise, deveria também englobar o custo de oportunidade como um custo em valores absolutos. De acordo com o observado nas equações para a determinação da vida econômica dos equipamentos, o custo de oportunidade é tratado como uma taxa de desconto, utilizado para se trazer os valores competentes de cada período para uma data focal.

### 3. ASPECTOS METODOLÓGICOS

Quanto ao tipo de pesquisa, segundo seus objetivos, esta se classifica como exploratória. “Explorar é tipicamente a primeira aproximação de um tema e visa criar maior familiaridade em relação a um fato ou fenômeno” (SANTOS, 2000, p. 27). Conforme as definições metodológicas constantes em Santos (2000) e Andrade (2004), considera-se que os estudos envolvendo o custo de oportunidade poderiam se caracterizar como descritivos ou conclusivos, mas, para o atendimento do objetivo deste artigo, o exploratório é o mais adequado, já que as referências consultadas não tratam de tal custo da maneira como se propõe nesta pesquisa.

Todo o processo de desenvolvimento e análise dos resultados será fundamentado em uma situação descrita por Neves (1982, p. 156). Em seu livro, o autor realiza o cálculo da vida econômica de um equipamento, de acordo com as informações disponíveis para análise. Este cálculo se desenvolve com a aplicação das Equações 1 e 2 já apresentadas. Para o cumprimento do objetivo deste trabalho, inclui-se na Equação 1 o custo de oportunidade do capital, calcula-se a derivada da nova equação e procede-se novamente ao cálculo da vida econômica do ativo segundo a nova proposição.

Os conceitos e aplicações do cálculo diferencial e integral nas equações estudadas podem ser encontrados com maiores detalhes em Granville (1973). Os resultados das duas derivadas (um obtido segundo a formulação já existente e o outro obtido segundo a formulação proposta) irão fornecer a vida econômica dos equipamentos, que deverão ser analisadas e comparadas.

A escolha da citada situação descrita por Neves (1982) para a realização deste estudo acaba também figurando como um limite desta pesquisa. Simulações envolvendo a variação da taxa de juros, da própria taxa que representa o custo de oportunidade, e de outras variáveis presentes nas equações estudadas poderiam proporcionar resultados mais robustos.

#### 4. RESULTADOS E ANÁLISES

Este tópico se divide em três sub-tópicos, em que o primeiro mostra os resultados obtidos a partir da formulação existente em Neves (1982, p. 156); o segundo mostra a inclusão da variável custo de oportunidade na equação existente, onde se calcula a vida econômica nesta nova situação e o terceiro sub-tópico descreve a análise dos resultados obtidos. Estes resultados baseiam-se nos seguintes dados, extraídos de Neves (1982, p. 156), onde se busca a determinação da vida econômica de um equipamento: preço inicial: 100 u.m.; custo de instalação: 10 u.m.; curva de custo: 20 u.m. constantes, acrescidas de 10 u.m. por ano; taxa de juros, que representa o custo de oportunidade: 8% a.a., com capitalização contínua; taxa de desvalorização do equipamento: 5% a.a., exponencialmente.

##### 4.1 RESULTADOS SEGUNDO A EQUAÇÃO JÁ EXISTENTE

Conforme já apresentada, a Equação 2, que é a derivada da Equação 1, permite que se calcule o período ótimo para a substituição de um equipamento. Após a substituição dos dados do enunciado na Equação 2, obteve-se a Equação 3, apresentada a seguir.

$$CA^1(T) = \frac{0,08}{(1 - e^{-0,08T})} \cdot (5 \cdot e^{-0,05T} \cdot e^{-0,08T} + 0,08 \cdot 100 \cdot e^{-0,05T} \cdot e^{-0,08T} + (20 + 10 \cdot t) \cdot e^{-0,08T}) - \frac{0,08^2 \cdot e^{-0,08T}}{(1 - e^{-0,08T})^2} \cdot (100 + 10 - 100 \cdot e^{-0,08T} + \int_0^T (20 + 10 \cdot t) \cdot e^{-0,08t} dt) \quad (3)$$

Com base nesta Equação e fazendo uso da planilha eletrônica no Microsoft Excel, calculou-se seu resultado considerando  $CA^1(T) = 0$ . Para tanto, descreveu-se na referida planilha toda a equação, apresentando o tempo como a variável dependente a ser encontrada. Com o uso da ferramenta Atingir Meta, presente na própria planilha, solicitou-se que fosse encontrado um valor para “T” que fizesse com que o resultado de  $CA^1(T)$  fosse igual a zero. O valor obtido foi de 1,489090, indicando que a vida econômica do equipamento é de 1,49 anos.

##### 4.2 RESULTADOS DE ACORDO COM A OPÇÃO PROPOSTA

A proposição deste artigo é de incluir na equação já existente, Equação 1, o custo de oportunidade, representado pelo rendimento que se poderia obter em uma opção alternativa de investimento. Para o cálculo deste custo em valores absolutos, fez-se da seguinte forma:

- i) calculou-se o valor futuro do investimento realizado no equipamento, caso tal montante investido fosse aplicado alternativamente à taxa do custo de oportunidade;
- ii) deduziu-se deste valor o investimento inicial, que é o próprio investimento colocado no equipamento; e
- iii) descontou-se a diferença obtida para o valor presente.

A aplicação dos citados procedimentos não seria o equivalente a evoluir um fluxo de caixa e depois descontá-lo novamente a uma mesma taxa de juros; o que se descontou foi a diferença entre os dois valores, ou seja, a diferença entre o valor presente e o valor futuro. Para uma melhor visualização desse procedimento, observe-se a Tabela 1, a seguir.

**Tabela 1:** Exemplificação do Valor Absoluto Considerado para o Custo de Oportunidade

Taxa de Juros	5% a.m.
Período	12 meses
Valor Presente (Valor Inicial)	100,00 u.m.
Valor Futuro	179,59 u.m.
Valor Inicial	100,00 u.m.
Diferença	79,59 u.m.
Diferença Descontada a Valor Presente	44,32 u.m.

Conforme pode ser conferido na citada Tabela 1, considera-se que, em um ambiente de juros compostos, uma taxa de juros de 5% a.m., durante um período de 12 meses, é capaz de elevar um valor presente de 100,00 unidades monetárias para 179,59 u.m. Com isso, fazendo-se a diferença entre o que foi originalmente investido para a obtenção do montante final, percebe-se uma remuneração de 79,59 u.m., que, descontada a valor presente, resulta em 44,32 u.m. Este último valor é aquele que se considera neste artigo, em termos absolutos, como a remuneração alternativa que se poderia obter em uma outra opção de investimento.

Com isso, a inclusão do custo de oportunidade na Equação 1 resulta na formulação presente na Equação 4, a seguir. Esta equação está dividida e identificada por partes, que serão enfim explicadas detalhadamente.

$$CA(T) = \frac{i}{(1 - e^{-iT})} \cdot \left\{ \underbrace{P(0) + B}_{A} - \underbrace{P(T)}_{B} \cdot \underbrace{e^{-iT}}_{C} + \underbrace{\int_0^T C(t) \cdot e^{-it} dt}_{D} + \underbrace{[(P(0) + B) \cdot e^{iT} - (P(0) + B)] \cdot e^{-iT}}_{G} \right\} \quad (4)$$

A Equação 4 adota as mesmas definições, quanto à nomenclatura das variáveis, que a apresentada no referencial teórico para a Equação 1. Cabe, neste ponto, a explicação das partes componentes desta equação e suas devidas funções. Na Parte A, tem-se uma divisão, que coloca em termos de séries uniformes periódicas o montante que por ela for multiplicado. Com isto, o custo total, que será o valor obtido ao se calcular as variáveis que estão entre as chaves da equação, é transformado em uma série uniforme.

A Parte B indica o investimento inicial e o custo de instalação do equipamento, gastos que só ocorrem no momento de aquisição ( $t = 0$ ).

Na Parte C tem-se o preço futuro do bem, com seu devido desconto a valor presente. Para este caso em particular, tem-se que este bem, com o passar do tempo, sofre uma desvalorização já determinada por uma taxa (5% a.a.). Desta forma, seu preço futuro no mercado será o equivalente a desvalorizar o investimento inicial, a uma taxa de 5% a.a., até o período pretendido e, após isto, descontar este valor, o trazendo para o instante de referência da análise. Como este valor representa uma provável receita, ele deve figurar com um sinal oposto ao usado para os custos.

A Parte D mostra uma integral que acumula valores para a função crescente de custos, variando desde o instante  $T=0$  até o instante final desejado. Assim como as receitas calculadas, os custos também são calculados e trazidos a valor presente. A função  $C(t)$  é dada pela soma do custo que é constante com aquele variável ( $(20 + 10.t)$ , vide o enunciado, no início do tópico). Para cada período “ $t$ ” encontra-se um determinado custo  $C(t)$ , que é

descontado para a data focal de análise. A aplicação do cálculo integral nesta parte da equação justifica-se pela necessidade de se trabalhar com períodos contínuos. Ao se aplicar um somatório para acumulação dos custos, como também pode ser conferido em uma outra equação presente em Neves (1982, p. 152), a variável tempo seria dada como discreta e sua determinação em períodos mais analíticos não seria possível.

A Parte G é a que traz a inovação nesta equação. Ela representa o custo de oportunidade como a remuneração adicional que se poderia obter em um investimento alternativo e também é devidamente descontada a valor presente. O custo de oportunidade é medido pela diferença entre as Partes E e F. A Parte E representa o valor futuro do investimento, caso este fosse aplicado em um investimento alternativo por determinado período de tempo “t”. A Parte F representa, da mesma forma que a Parte B, o investimento inicial realizado. Fazendo-se a diferença entre as partes E e F, obtém-se a rentabilidade da alternativa desprezada, em termos absolutos. O próximo passo é descontar tal diferença para a data focal de análise, obtendo-se assim o valor do custo de oportunidade do investimento alternativo não realizado.

Depois de incluído o custo de oportunidade na formulação existente, passou-se a buscar qual seria a derivada da Equação 4, de onde obteve-se, após os cálculos pertinentes, a Equação 5, apresentada a seguir. Conforme já descrito no terceiro tópico deste trabalho, os conceitos e aplicações do cálculo diferencial e integral nas equações estudadas podem ser encontrados com maiores detalhes em Granville (1973).

$$CA^1(T) = \frac{i}{(1 - e^{-iT})} \cdot \left\{ -P^1(T) \cdot e^{-iT} + i \cdot P(T) \cdot e^{-iT} + C(T) \cdot e^{-iT} - [(P(0) + B) \cdot e^{-iT} - (P(0) + B)] \cdot i \cdot e^{-iT} + (P(0) + B) \cdot i \right\} - \frac{i^2 \cdot e^{-iT}}{(1 - e^{-iT})^2} \cdot \left\{ P(0) + B - P(T) \cdot e^{-iT} + \int_0^T C(t) \cdot e^{-it} dt + [(P(0) + B) \cdot e^{-iT} - (P(0) + B)] \cdot e^{-iT} \right\} \quad (5)$$

Substituindo-se as variáveis da Equação 5 pelos valores presentes no enunciado, obteve-se a Equação 6, conforme segue.

$$CA^1(T) = \frac{0,08}{(1 - e^{-0,08T})} \cdot \left\{ 5 \cdot e^{-0,05T} + 0,08 \cdot 100 \cdot e^{-0,05T} \cdot e^{-0,08T} + (20 + 10 \cdot t) \cdot e^{-0,08T} - [(100 + 10) \cdot e^{0,08T} - (100 + 10)] \cdot 0,08 \cdot e^{-0,08T} + (100 + 10) \cdot 0,08 \right\} - \frac{i^2 \cdot e^{-iT}}{(1 - e^{-iT})^2} \cdot \left\{ 100 + 10 - 100 \cdot e^{-0,05T} \cdot e^{-0,08T} + \int_0^T (20 + 10 \cdot t) \cdot e^{-0,08t} dt + [(100 + 10) \cdot e^{0,08T} - (100 + 10)] \cdot e^{-0,08T} \right\} \quad (6)$$

Restou-se, então, fazer novamente o uso da planilha eletrônica do Microsoft Excel e, com o apoio da ferramenta Atingir Meta, encontrar o valor de “T” que, quando colocado na Equação 6, fizesse  $CA^1(T)$  ser igual a zero. O número encontrado foi 1,489087, indicando que a vida econômica de tal ativo é de 1,49 anos.

### 4.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Com a equação já existente, encontrou-se que a vida econômica se dava aos 1,49 anos e, com a formulação proposta, encontrou-se o mesmo valor. As diferenças começaram a

aparecer somente após a quinta casa decimal, sendo, desta forma, irrelevantes em relação ao período anteriormente demonstrado pela equação já existente. Se houvesse uma diferença significativa no tempo de substituição, caberia neste ponto uma análise de seu reflexo nos custos da empresa.

Considerou-se que uma diferença de 0,0002%  $((1,489090-1,489087) / 1,489090 * 100)$  não é significativa em relação à vida econômica determinada pela equação existente. A diferença entre os dois resultados, se transformada em uma unidade de medida menor que a atual (ano), resulta em 1,56 minutos  $(0,000003 * 12 * 30 * 24 * 60)$ .

A inclusão do custo de oportunidade na equação existente, como um valor absoluto, implica em um aumento dos custos da mesma, fato que não necessariamente interfere na decisão do melhor momento para se substituir um equipamento existente, conforme mostram os resultados obtidos. Isto leva a pensar que a determinação do momento para se substituir um equipamento não é afetada pelo cálculo do custo de oportunidade envolvido na decisão de se manter o investimento no equipamento.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos de substituição de equipamentos apresentam relevância na gestão de empresas, principalmente para aquelas que fazem uso intensivo de máquinas, equipamentos móveis e/ ou veículos. Tal relevância está no impacto que os custos relacionados a tais ativos podem causar no resultado da firma.

Estes estudos se fundamentam no fato de que os custos operacionais de manutenção e reparo são crescentes com o passar do tempo e, a partir de um levantamento, chega-se a um padrão de crescimento de tais gastos. Obtido este padrão de crescimento e de posse de outras variáveis, como o preço de venda futuro, o preço de aquisição, os custos de instalação e a taxa de juros, a vida econômica do equipamento pode ser calculada por meio de uma equação.

A equação já existente para o cálculo da vida econômica dos equipamentos, conforme pode-se conferir em Neves (1982, p. 152), aborda o custo de oportunidade, mas não ainda como uma remuneração que poderia ser obtida ao se realizar um investimento alternativo. Neste contexto, este artigo teve por objetivo comparar a vida econômica calculada pela equação já existente com a vida econômica resultante de uma nova formulação. Nesta nova formulação, o custo de oportunidade passou a figurar, em termos absolutos, da mesma maneira que diz o seu conceito: como a remuneração que poderia ser obtida em um investimento alternativo e disponível à empresa.

Os resultados encontrados pela comparação sugerem que não existe diferença significativa entre a vida econômica calculada pela equação existente com a calculada pela equação proposta. A resposta para a questão apresentada na introdução deste trabalho é não, ou seja, o resultado da equação para o cálculo da vida econômica não sofre alteração significativa quando nela se inclui o custo de oportunidade do capital investido no equipamento. Consequentemente, não existe reflexo nos custos da empresa provocados pela utilização de uma ou outra equação para a determinação do melhor momento de se substituir o equipamento.

Espera-se que este estudo contribua com futuras pesquisas, tanto na linha de substituição de equipamentos quanto na linha de teorias que trabalhem com o custo de oportunidade no ambiente gerencial das empresas.

## 6. REFERÊNCIAS

- ANDRADE, M. M.** Como preparar trabalhos para cursos de pós-graduação: noções práticas. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2004.
- ARAÚJO, A. M. P.; ASSAF NETO, A. A.** Contabilidade Tradicional e a Contabilidade Baseada em Valor. Revista Contabilidade & Finanças. n. 33. p. 16-32. Set./Dez. 2003.
- CASAROTTO FILHO, N. e KOPITTKE, B. H.** Análise de Investimentos: matemática financeira, engenharia econômica, tomada de decisão, estratégia empresarial. 9 ed. São Paulo: Atlas, 2000.
- CATELLI, A.** Introdução: o que é Gecon? In: CATELLI, A. (Coord.) Controladoria: uma abordagem da gestão econômica – Gecon. 2. ed. 5. reimp. São Paulo: Atlas, 2006. p. 29-32.
- GOULART, B.** Custo de Oportunidade: oculto na contabilidade, nebuloso na mente dos contadores. Revista Contabilidade & Finanças. n. 30, p. 19-31. Set./Dez. 2002.
- GRANVILLE, W. A.** Elementos de Cálculo Diferencial e Integral. Rio de Janeiro: Científica, 1973.
- MARIM, W. C.** Análise de Alternativas de Investimento: uma abordagem financeira. São Paulo: Atlas, 1978.
- MOTTA, R. R.; CALÔBA, G. M.** Análise de investimentos: tomada de decisão em projetos industriais. São Paulo: Atlas, 2002.
- NEVES, C.** Análise de investimentos: projetos industriais e engenharia econômica. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1982.
- PEREIRA, C. A.; OLIVEIRA, A. B. S.** Avaliação de Resultados e Desempenhos. In: CATELLI, A. (Coord.) Controladoria: uma abordagem da gestão econômica – Gecon. 2. ed. 5. reimp. São Paulo: Atlas, 2006. Cap. 14.
- PUCCINI, A. L.; MARQUES, J. L. M.; HESS, G.; PAES, L. C. M. R.** Engenharia Econômica e Análise de Investimentos. Rio de Janeiro: Forum, 1969.
- REIS, E. A.** Valor da empresa e resultado econômico em ambientes de múltiplos ativos intangíveis: uma abordagem da gestão econômica. Tese (Doutorado em Contabilidade). São Paulo: FEA/USP, 2002.
- SANTOS, A. R.** Metodologia científica: a construção do conhecimento. 5. ed. Rio de Janeiro: DP&A, 2002.
- SCHEUBLE, P. A. JR.** How to Figure Equipment Replacement. In: Capital Investment: part I – reprints from Harvard Business Review. Boston: Harvard College, 1964. p. 73-86.