

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
ENGENHARIA DA CONFIABILIDADE

LUIZ CESAR DA COSTA FILHO

**ANÁLISE ECONÔMICA DE PROJETOS ATRAVÉS DE MODELOS
ESTOCÁSTICOS SUPORTADOS PELA ENGENHARIA DA
CONFIABILIDADE**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

Curitiba
2015

LUIZ CESAR DA COSTA FILHO

**ANÁLISE ECONÔMICA DE PROJETOS ATRAVÉS DE MODELOS
ESTOCÁSTICOS SUPOSTOS PELA ENGENHARIA DA
CONFIABILIDADE**

Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Engenharia de Confiabilidade, do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Emerson Rigoni

Curitiba
2015

RESUMO

COSTA FILHO, Luiz Cesar da. **ANÁLISE ECONÔMICA DE PROJETOS ATRAVÉS DE MODELOS ESTOCÁSTICOS SUPORTADOS PELA ENGENHARIA DA CONFIABILIDADE.** Monografia do Curso de Especialização em Engenharia da Confiabilidade do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2015.

A engenharia da confiabilidade tem sido muito importante para suportar a tomada de decisões em cenários de incerteza. Integrar as metodologias da engenharia da confiabilidade com as recomendações e requisitos das atuais normas se faz necessário. Esta pesquisa apresenta uma metodologia de como integrar à análise financeira de projetos, estudos sobre o desempenho operacional da planta projetada. A metodologia proposta evidencia a dependência dos indicadores econômicos pelo desempenho operacional dos ativos físicos.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.....	5
Figura 2.....	5
Figura 3.....	6
Figura 4.....	7
Figura 5.....	7
Figura 6.....	8
Figura 7.....	8
Figura 8.....	9
Figura 9.....	9
Figura 10.....	10

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. ANÁLISE ECONÔMICA	2
3. GESTÃO DE ATIVOS.....	2
4. ANÁLISE RAM	3
5. METODOLOGIA PROPOSTA	4
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	12
7. REFERÊNCIAS	13

1. INTRODUÇÃO

A competitividade da economia globalizada, sobre tudo em períodos de baixo crescimento de sua atividade, exige que os investidores busquem a excelência na alocação dos seus recursos. Para estimar os riscos ao longo do ciclo de vida de um novo empreendimento destacam-se os modelos estocásticos, capazes de simular os aspectos mais relevantes de um projeto. Esta necessidade consolidou-se com a publicação de diretrizes e normas, por instituições de reconhecimento internacional, com o objetivo de orientar a gestão da aquisição, do uso e da alienação de ativos.

Neste contexto, é proposto o desenvolvimento de uma metodologia de modelamento quantitativo focada na análise econômica de projetos de sistemas de ativos físicos intensivos. Para que essa metodologia seja eficaz, é imprescindível que integre as ferramentas utilizadas na engenharia da confiabilidade com as orientações das normas ISO 55000 e NBR 5500X, a fim de fornecer ferramentas para a aquisição e o tratamento de dados inerentes na fase de planejamento de investimentos.

É oportuno reforçar a dificuldade dos empreendedores na gestão de risco, sobre tudo no que se refere à viabilidade econômica. A grande maioria deles se vale de análises qualitativas para suportar a tomada de decisões em cenários de incerteza, mesmo sendo disponíveis metodologias para o cálculo de probabilidades de ocorrência de eventos. Em suma, o entendimento hoje predominante sobre a análise econômica de projetos, especialmente em pequenas e médias empresas, é baseado em análises determinísticas, prevalecendo o simples uso de indicadores em um único cenário.

Avançando no desafio de propor uma metodologia de modelamento estocástico suportado pela confiabilidade, o resultado dessa pesquisa pode contribuir para materializar a importância de integrar à análise econômica de projetos estudos sobre o desempenho operacional dos equipamentos.

2. ANÁLISE ECONÔMICA

Um dos critérios que devem ser considerados em projetos de engenharia é o econômico, onde são comparadas alternativas tendo como referência valores monetários. A engenharia econômica dispõe de inúmeras metodologias e ferramentas para direcionar a tomada de decisões na etapa de projetos (TORRES, 2006).

Uma destas ferramentas são os modelos matemáticos, que através de equações procuram descrever o desempenho do projeto. Devido à complexidade da realidade e a impossibilidade de se considerar todos os fatores que possam influenciar o projeto, o modelamento se vale de simplificações daqueles aspectos menos relevantes (TORRES, 2006).

O indicador chave para avaliar projetos de investimento é o Valor Presente Líquido (VPL). Trata-se da soma algébrica dos valores do fluxo de caixa, descontados a uma determinada taxa. Uma das vantagens é fornecer um valor monetário, e quando positivo, indica a viabilidade do projeto.

3. GESTÃO DE ATIVOS

Neste capítulo, serão contextualizados os conceitos que abrangem as mais recentes normas relacionadas à gestão de ativos. A busca pela excelência na gestão de ativos é vital para as organizações que desejam continuar competitivas e alcançar seus objetivos estratégicos. Nessa perspectiva, ganham importância procedimentos que orientem a aquisição, o uso e a alienação de ativos; que garantam o desempenho, a gestão de riscos e custos relacionados ao longo do seu ciclo de vida. Assim surgiram as especificações publicadas pelo Instituto de Gestão de Ativos (do inglês IAM), através da série PAS 55.

Posteriormente, acompanhando a ampla aceitação desta visão sobre a gestão de ativos, foram criadas as normas ISO 55000 e NBR 55000, da Organização Internacional da Padronização (do inglês ISO) e da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), respectivamente. Nas normas referidas, é destacada a importância de considerar os custos do ciclo de vida

dos ativos durante as etapas de análise de viabilidade de projetos. Ou seja, deve-se considerar o desempenho operacional do ativo, bem como as políticas de manutenção previstas para o sistema. Assim sendo, é possível estimar o fluxo de caixa do empreendimento com mais clareza.

Portanto, para que o projeto seja exequível, atendendo os requisitos técnicos e assegurando a viabilidade econômica, ele deve buscar a excelência operacional ainda na fase de comissionamento. Desta maneira, ganha importância o estudo sobre a utilização de modelos quantitativos de sistemas de ativos como ferramenta de tomadas de decisões em cenários de incerteza. Torna-se necessário avaliar a importância de estimar o desempenho econômico-financeiro do ciclo de vida de sistemas de ativos, ainda na fase de projetos (MENDES, 2011).

4. ANÁLISE RAM

Com o objetivo primário de orientar a tomada de decisões em nível estratégico, podem ser utilizadas várias metodologias de modelagem e gestão de risco. Nesta pesquisa, pretende-se utilizar a metodologia da análise RAM (Reliability, Availability and Maintainability), caracterizada por equacionar funções operacionais, políticas de manutenção e a confiabilidade dos equipamentos. A fim de apresentar os conceitos da análise RAM, este capítulo discutirá a sua relevância por estar alinhada às boas práticas descritas nos normas supracitadas.

A análise RAM é um método de modelar o sistema de ativos a fim de simular cenários. Em outras palavras, permite alinhar as decisões operacionais com o plano estratégico da empresa. Os conceitos da Engenharia da Confiabilidade (análise de dados de vida, diagramas de blocos, simulação Monte Carlo) e Gestão da Manutenção (política de manutenção e custos) são usados para estimar um dos principais indicadores na Gestão de Ativos: a disponibilidade (ALVARENGA, 2005).

Quando estamos tratando de sistemas reparáveis, além da disponibilidade do sistema, precisamos também avaliar a sua mantenabilidade e confiabilidade. Devemos então especificar a disponibilidade levando-se em consideração o que aceitamos, em termos de tempo médio de parada, durante

um tempo de operação especificado. Uma vez determinada a Disponibilidade mínima que se espera do sistema, é possível definir a combinação entre Confiabilidade e Manutenibilidade que tenha maior viabilidade econômica, podendo envolver requisitos de gestão de riscos (JOHANSSON, 2010).

5. METODOLOGIA PROPOSTA

A construção do modelo terá objetivo final de possibilitar a determinação do valor presente em qualquer intervalo de tempo e o retorno sobre o investimento do empreendimento. Espera-se que seja também possível realizar avaliação de cenários, com o objetivo de ajustar o projeto de acordo com os objetivos dos gestores. O fluxograma da metodologia, representada no ANEXO A, terá nove etapas sequenciais, descritas a seguir.

Etapa I: Disponibilidade

A partir da aplicação da metodologia de análise RAM, determina-se a Disponibilidade do sistema. Nesta pesquisa, a disponibilidade é entendida como o tempo em que o sistema está apto a ser operado. Nesta etapa foi utilizado o software BlockSim, da ReliaSoft Corporation.

A análise RAM pode ser dividida em três fases interdependentes: a análise dos dados de vida (ADV), a construção dos diagramas de blocos e a simulação pelo método Monte-Carlo. A ADV consiste em traduzir tempos até falhas de equipamentos similares aos do projeto em probabilidade de ocorrência de falha em função do tempo. Utilizam-se artifícios matemáticos, como o método da máxima verossimilhança, para modelar a distribuição de probabilidade em equações que permitam a inferência estatística. A Figura 1 mostra um gráfico de uma função de distribuição de probabilidades de um ativo genérico, a fim de representar o resultado de uma ADV.

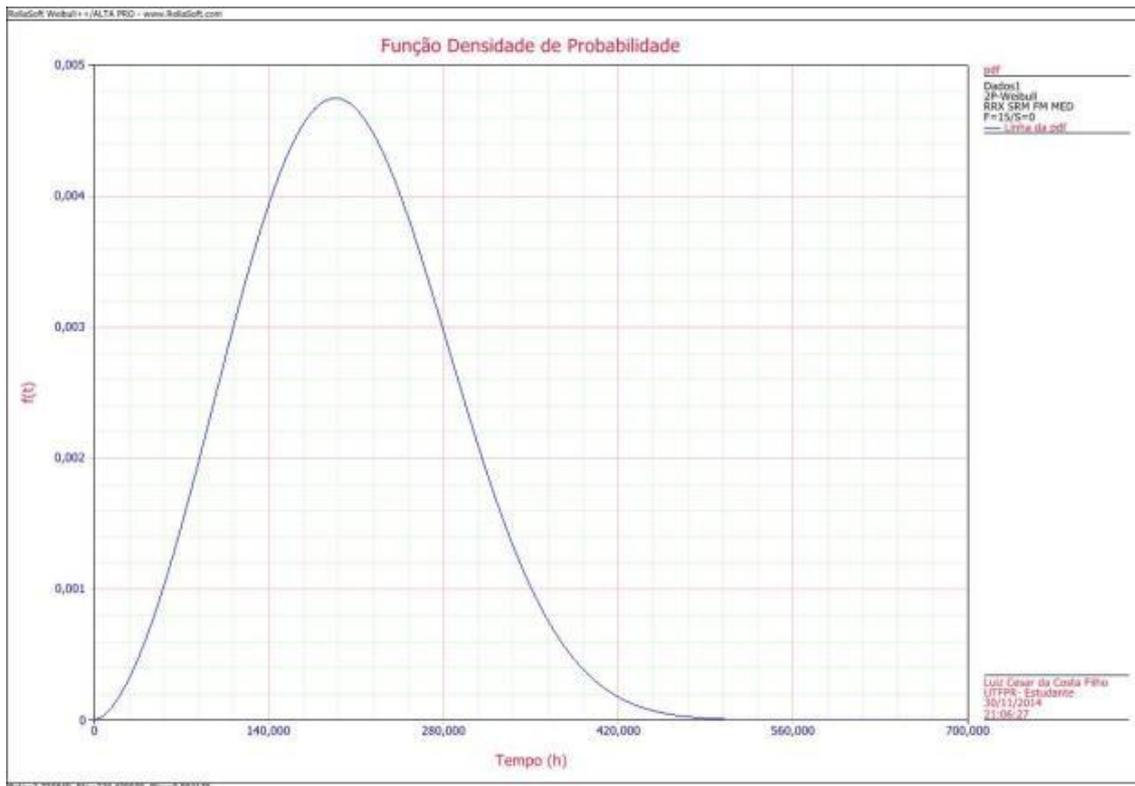


Figura 1

A construção dos diagramas de blocos deve representar a funcionalidade dos equipamentos. Na construção do diagrama, o sistema não deve ser pensado em sua disposição física, mas sim no seu funcionamento. Cada bloco representa um ativo específico e fica evidenciada a sua importância no sistema. A Figura 2 mostra um diagrama de blocos genérico.

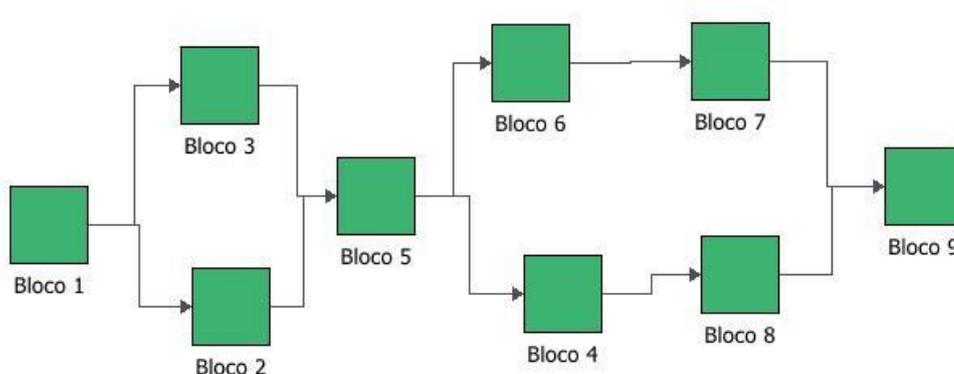


Figura 2

Etapa II: Qualidade

Neste trabalho, índice de qualidade é entendido como a razão entre o total de unidades conformes sobre o total de unidades produzidas. Para estimar o índice de qualidade utiliza-se a variabilidade do processo e os limites de aceitação que definem os produtos em conformidade com o padrão.

Para estimar a distribuição de probabilidade de o processo produzir unidades conformes, devem-se utilizar dados de medida de algum parâmetro do processo. O controle estatístico do processo (CEP) é a fonte de dados ideal. Imputando os dados de variabilidade no software Weibull++, similar à análise de dados de vida, estima-se a distribuição de probabilidades do processo (pdf), representada genericamente pela figura 3.

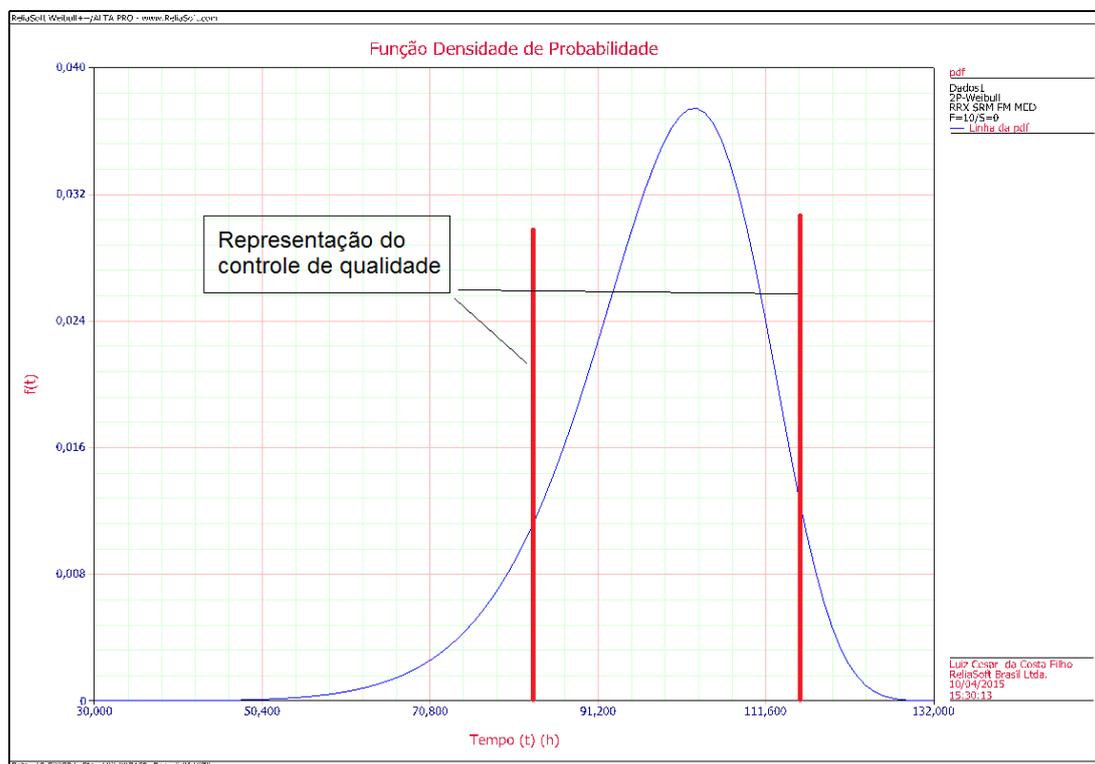


Figura 3

Essa pdf do processo pode ser exportada para o software RENO, onde o modelamento deve ser continuado. O software RENO é uma plataforma amigável que possibilita a programação e simulação de fluxogramas ou funções matemáticas complexas. O diagrama do índice de qualidade proposto está representado pela figura 4.

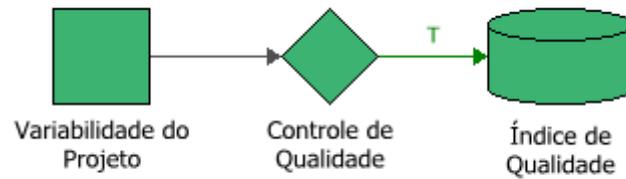


Figura 4

Os limites de conformidade do parâmetro estudado, representado pelas barras vermelhas na figura 3, deve ser modelado por um filtro condicional ($<$, $=$, $>$), apresentado na figura 4.

Através da simulação pelo método Monte Carlo, é estimado o percentual de unidades conformes que o processo irá produzir.

Etapa III: Performance

Neste trabalho, Índice de Performance se refere à porção do tempo em que o processo está operando com taxa de produção nominal. O índice de Performance é estimado considerando o tempo (tx) que o sistema leva para restaurar a taxa de produção nominal após uma parada (figura 5). A partir dos dados de tx é possível determinar a distribuição de probabilidade da duração desse tempo, utilizando a mesma metodologia de análise de dados de vida utilizada para a estimativa da probabilidade de falha.

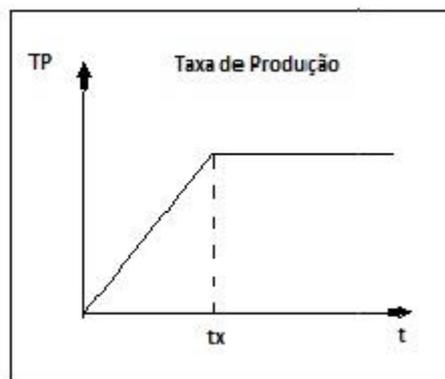


Figura 5

Neste trabalho, a rampa de reestabelecimento à condição nominal de operação é considerada como linear. Cada processo deverá ser analisado criteriosamente para encontrar a função de reestabelecimento mais adequada.

Mas de forma geral, acredita-se que o modelo linear pode atender a maioria das condições.

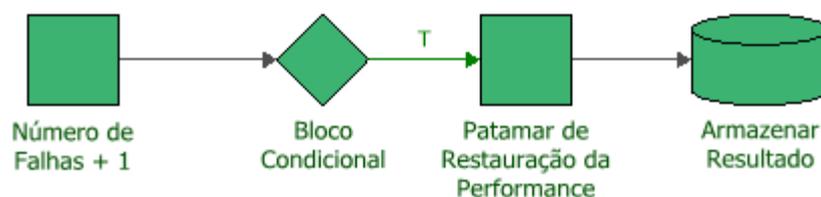


Figura 6

Etapa IV: Estimativa do OEE

O overall equipment effectiveness (OEE) é uma métrica desenvolvida para avaliar o quão efetiva está sendo a utilização da operação de produção. Este indicador é composto pelos índices de disponibilidade, de Performance e de Qualidade. É calculado pelo produto desses três índices, conforme figura7.

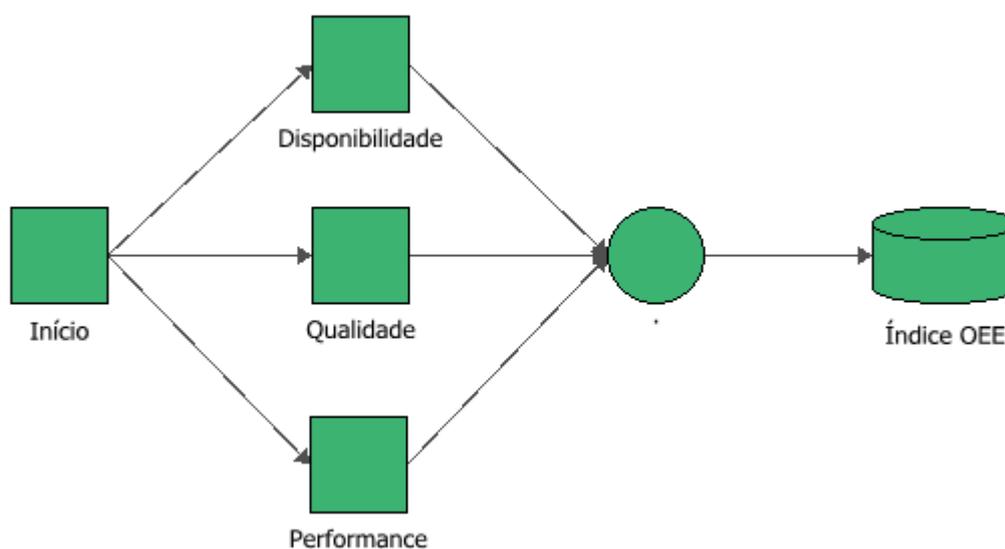


Figura 7

Etapa V: Produtividade

O número de unidades produzidas pode ser estimado pelo produto do índice OEE pela capacidade teórica máxima, onde o OEE seria igual a um (OEE=1). O diagrama de simulação deve ser construído respeitando esta relação (figura 8).

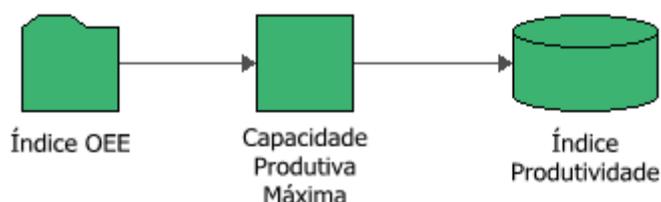


Figura 8

Etapa VI: Faturabilidade

Incluindo no modelo informações sobre a eficiência da atividade comercial da organização e os preços de venda por unidade de produto, estima-se a entrada de capital no caixa do projeto.

A eficiência comercial, na metodologia proposta, não é calculada conforme os índices anteriores. Sabe-se que é possível estimar uma pdf para este indicador, assim como para o preço unitário do produto vendido. No entanto, por não ser o foco do trabalho o modelamento de mercados, foi adotado valores constantes para essas variáveis.

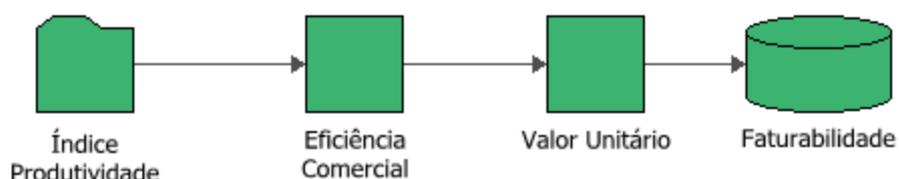


Figura 9

Etapa VII: Estimativa dos Custos e Despesas

Custos e Despesas contabilizam os valores dispendidos pelo empreendimento em suas operações, tanto diretos quanto indiretos. Contabilmente o que difere custo de despesa é a sua relação com a geração de novos itens. Enquanto os custos estão ligados diretamente com a produção, as despesas se referem à estrutura empresarial.

Os custos devem ser separados entre 'Custos Variáveis' e 'Custos Fixos'. O número de unidades produzidas multiplicado pelo custo variável unitário resulta no montante do Custo Variável no período. Somado com o

Custo Fixo do mesmo período, é estimado o Custo Total no período. Para determinar as despesas, deve-se seguir a mesma lógica. A figura 10 representa o diagrama montado para representar o gasto total do empreendimento.

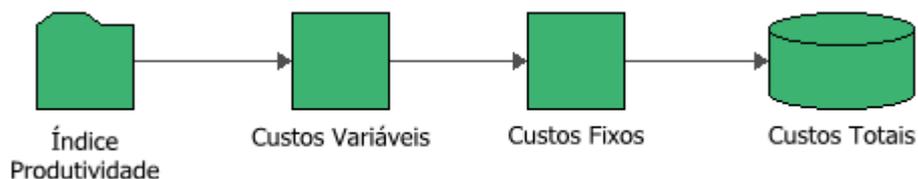


Figura 10

Etapa VIII: Estimativa do Resultado Líquido

O Resultado Líquido do empreendimento em um determinado período é o montante faturado subtraído pelos gastos no mesmo período. É esse resultado que será posteriormente utilizado para calcular o Valor presente Líquido do empreendimento, de acordo com os cenários e períodos de tempo simulados.

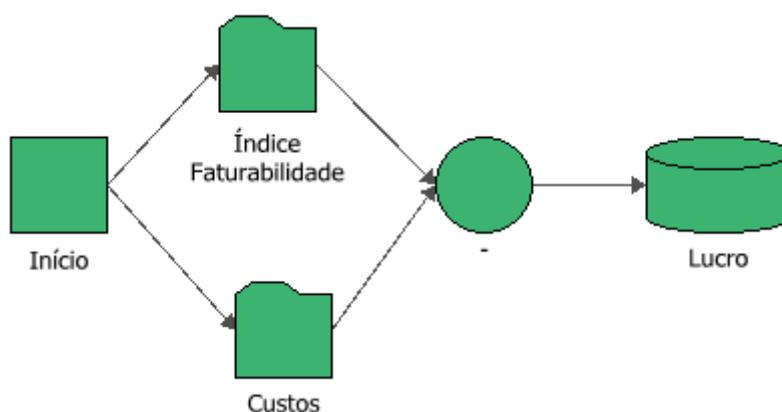


Figura 11

Etapa IX: Análise Financeira

O indicador chave para avaliar projetos de investimento é o Valor Presente Líquido (VPL). Trata-se da soma algébrica dos valores do fluxo de caixa, descontados a uma determinada taxa. Uma das vantagens é fornecer um valor monetário, e quando positivo, indica a viabilidade do projeto.

O VPL pode ser calculado por:

$$VPL = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+i)^t}$$

Onde: FC_t representa os valores dos fluxos de caixa, t é o período, i a taxa de desconto e a duração total do projeto.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Evidenciou-se que a análise RAM, integrada a análise econômica, é a forma adequada para gerar subsídios para a tomada de decisões durante a fase de análise de viabilidade de projetos. Informações sobre o desempenho de um sistema de ativos ainda em fase de projetos devem conter a disponibilidade total do projeto, o número esperado de falhas dos equipamentos, os custos relativos às ações de manutenção, entre outros.

Os resultados que podem ser alcançados com a aplicação da metodologia proposta nessa pesquisa podem contribuir para evidenciar a importância de integrar à análise econômica de projetos estudos sobre o desempenho operacional dos equipamentos.

7. REFERÊNCIAS

1. TORRES, Oswaldo Fadigas Fontes. Fundamentos da engenharia econômica e da análise econômica de projetos. 1. Ed. São Paulo: Thomson, 2006.
2. BSI PAS 55:2008 Gestão de Ativos Parte I.
3. ISO 55000 Asset Management Standard: Introduction.
4. ABNT NBR 55000 – Gestão de Ativos – Visão Geral - Princípios e Terminologia.
5. MENDES, A. A. Manutenção centrada em confiabilidade: uma abordagem quantitativa. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil.
6. ALVARENGA, T.V. (2005), Metodologia de Análise de RAM (Reliability, Availability and Maintainability) por Simulação Baseada em Eventos Discretos Aplicada à Indústria Ofshore como Suporte à decisão Gerencial, Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção, UFF.
7. JOHANSSON, C., (2010), A Review of the Reliability and System Safety Methods and Principles in Early Design Phases, Registration no. TDI-2010-0082 at Saab Aeronautics, Linkoping, Sweden.