



Universidade Federal do Rio de Janeiro
Escola Politécnica & Escola de Química
Programa de Engenharia Ambiental

Marcio Azevedo dos Santos

FERRAMENTA DE ANÁLISE DE RISCOS EM
PROJETOS DE CAPITAL CONSIDERANDO
CONCEITOS DE CONFIABILIDADE HUMANA E
ENGENHARIA DE RESILIÊNCIA

Rio de Janeiro

2012



UFRJ

Marcio Azevedo dos Santos

**FERRAMENTA DE ANÁLISE DE RISCOS EM PROJETOS DE CAPITAL
CONSIDERANDO CONCEITOS DE CONFIABILIDADE HUMANA E
ENGENHARIA DE RESILIÊNCIA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica & Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental.

Orientadores:

Isaac José Antonio Luquetti dos Santos

Maria Egle Cordeiro Setti

Rio de Janeiro

2012

DOS Santos, Marcio Azevedo.

Ferramenta de Análise de Riscos em Projetos de Capital Considerando Conceitos de Confiabilidade Humana e Engenharia de Resiliência / Marcio Azevedo dos Santos. – 2012.

114 f. : 30 il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica e Escola de Química. Programa de Engenharia Ambiental, Rio de Janeiro, 2012.

Orientadores: Isaac José Antonio Luquetti dos Santos e Maria Egle Cordeiro Setti.

1. Saúde e Segurança. 2. Projetos de Capital. 3. Confiabilidade Humana. 4. Engenharia de Resiliência. I. Santos, Isaac. Setti, Maria Egle. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Escola Politécnica & Escola de Química. III. Ferramenta de Análise de Riscos em Projetos de Capital Considerando Conceitos de Confiabilidade Humana e Engenharia de Resiliência.



UFRJ

FERRAMENTA DE ANÁLISE DE RISCOS EM PROJETOS: ABORDAGEM CENTRADA
EM CONFIABILIDADE HUMANA E RESILIÊNCIA

Marcio Azevedo dos Santos

Orientadores: Isaac José Antonio Luquetti dos Santos; Maria Egle Cordeiro Setti

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica & Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental.

Aprovada pela Banca:

Presidente, Prof. Isaac José Antonio Luquetti dos Santos, D. Sc., PEA/UFRJ

Prof. Maria Egle Cordeiro Setti, D. Sc., ANP/PRH-41

Prof. Paulo Victor Rodrigues de Carvalho, D. Sc., PEA/UFRJ

Prof. Ubirajara Aluizio de Oliveira Mattos, D. Sc., UERJ

Prof. Fernando Toledo Ferraz, D. Sc., UFF

Rio de Janeiro
2012

AGRADECIMENTOS

Aos orientadores, professor Isaac José Antonio Luquetti dos Santos e professora Maria Egle Cordeiro Setti, pela atenção, compreensão, incentivo e críticas, que contribuíram ao desenvolvimento deste trabalho;

Aos meus líderes, pelo incentivo e flexibilidade para o cumprimento por mim de todos os compromissos necessários à obtenção deste título;

Aos meus pais, Walter e Maria do Carmo, pelo apoio e exemplo de vida;

Aos meus irmãos, Gustavo e Luciana, pela sinceridade;

A Valesca, pelo amor, apoio incondicional e, principalmente, pela compreensão nas horas em que não estive presente;

A todos que de alguma maneira colaboraram para que este sonho se tornasse realidade.

RESUMO

DOS SANTOS, Marcio Azevedo. **Ferramenta de Análise de Riscos em Projetos de Capital Considerando Conceitos de Confiabilidade Humana e Engenharia de Resiliência**. Rio de Janeiro, 2012. Dissertação (Mestrado) – Programa de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica e Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

O processo de projeto de mega empreendimentos, tecnicamente denominados “projetos de capital”, tem sido objeto de bastante atenção por parte de grandes empresas. Contudo, os critérios tradicionais para avaliação de riscos em projetos de engenharia são, prioritariamente, baseados em fatores econômicos e produtivos, relegando ou omitindo os eventuais danos que possam ocasionar à segurança dos trabalhadores e das instalações. Sabendo-se que projetistas têm um papel fundamental em influenciar a segurança do trabalhador da construção e de modo a contribuir para a concepção de um projeto mais seguro, este trabalho vem propor a inclusão de elementos centrados na Confiabilidade Humana e na Engenharia de Resiliência a uma ferramenta de análise de riscos aplicada na fase de desenvolvimento de projetos de capital em uma empresa de mineração. O estudo de caso exploratório utilizou uma ferramenta de análise de riscos baseada nos conceitos da industrialização da construção, ou seja, pré-fabricação, pré-montagem e modularização. O teste-piloto da versão modificada da ferramenta apresentou um incremento no resultado final que passou de “2,15” para “2,28” devido à incorporação dos quesitos relacionados aos aspectos de confiabilidade humana e engenharia de resiliência. Em relação ao resultado final da Categoria “Segurança”, o valor passou de “3,75” para “4,67”, fazendo com que a relevância desta categoria, que antes era de 25,1%, viesse a ser 29,4% da nota final. Isto demonstrou que, mais do que a indicação de uma tendência positiva de industrialização da construção, foram agregados subsídios importantes relacionados à confiabilidade humana e engenharia de resiliência que passarão a ser considerados durante a concepção de futuros projetos de capital.

Palavras-chave: saúde e segurança; projetos de capital; confiabilidade humana; engenharia de resiliência.

ABSTRACT

DOS SANTOS, Marcio Azevedo. **Ferramenta de Análise de Riscos em Projetos de Capital Considerando Conceitos de Confiabilidade Humana e Engenharia de Resiliência.** Rio de Janeiro, 2012. Dissertação (Mestrado) – Programa de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica e Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

The design process of mega enterprises projects, technically denominated “capital projects”, has been the subject of much attention by large companies. However, the traditional criteria for risk evaluation in engineering projects are primarily based on economic and productive factors relegating or omitting any damage that might lead to the worker’s safety and to the facilities. Knowing that designers have a key role in influencing the safety of the construction worker and, in order to contribute to the conception of a safer project, this work proposes the inclusion of elements centered in the human reliability and in the resilience engineering as a risk assessment tool applied at the development stage of a capital project in a mining company. The exploratory case study was based on a risk analysis tool with basis on the concepts of construction industrialization pre-fabrication, pre-assembly and modularization. The pilot test of the modified version of the tool in a sample scope of an enterprise showed an increase in the final result from "2.15" to "2.28" due to the incorporation of the questions related to aspects of human reliability and resilience engineering. Regarding the outcome of the "Security" category, the value went from "3.75" to "4.67", making the relevance of this category, which before was 25.1%, would be 29.4% of the final score. It showed that more than the indication of a positive trend of construction industrialization, it adds important subsidies related to human reliability and resilience engineering which will be taken into consideration by the project team during future capital projects design.

Key-words: health & safety; capital projects; human reliability; resilience engineering.

Índice de Figuras

Figura 1– Curva de Influência Tempo/Segurança	19
Figura 2 - Grau de influência e gastos nos projetos ao longo do tempo	24
Figura 3 – Fases do FEL	25
Figura 4 – Conceito da Metodologia FEL	25
Figura 5 – Matriz de Riscos	58
Figura 6 – Planilha de APR	62
Figura 7 – Planilha de HAZOP	69
Figura 8 – Tela Inicial	71
Figura 9 – Tela de Introdução	72
Figura 10 – Categoria de avaliação “Prazo”	73
Figura 11 – Categoria de avaliação “Custo”	73
Figura 12 - Categoria de avaliação “Mão de Obra” - Categoria de avaliação “Mão de Obra”	74
Figura 13 - Categoria de avaliação “Segurança”	75
Figura 14 - Categoria de avaliação “Atributos do Local”	75
Figura 15 - Categoria de avaliação “Sistemas Eletromecânicos”	76
Figura 16 - Categoria de avaliação “Tipos de Projeto e Contrato”	76
Figura 17 – Categoria de avaliação “Projeto”	77
Figura 18 - Categoria de avaliação “Requisitos de Transporte e Elevação de Cargas”	78
Figura 19 – Categoria de avaliação “Capacidade de Fornecedores”	78
Figura 20 – Fatores de ponderação	79
Figura 21 – Exemplo de categoria de avaliação	80
Figura 22 - Exemplo de resultados	81
Figura 23 – Relatório de extremos (pontos fortes)	83
Figura 24 – Relatório de extremos (pontos fracos)	83
Figura 25 – Categoria “Segurança” da Ferramenta “CII Strategic Decision Tool for PPMOF Level 2”	86
Figura 26 - Categoria “Segurança” (versão modificada)	97
Figura 27 – Resultados – Aplicação da versão original da ferramenta	100
Figura 28 – Resultado da Categoria “Segurança” (versão original)	101
Figura 29 – Resultados – Aplicação da versão modificada da ferramenta	102
Figura 30 – Resultado da Categoria “Segurança” (versão modificada)	103

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Técnicas de Análise de Risco	31
Tabela 2 – Classificação dos tipos fundamentais de erro em função das etapas	37
Tabela 3 – As variações de desempenho no nível das regras	38
Tabela 4 - Parâmetros de projeto para viabilidade de modularização	49
Tabela 5 – Categorias de Frequência para ART, APR e HAZOP	55
Tabela 6 – Categorias de Severidade	56
Tabela 7– Critérios de Decisão	58
Tabela 8 – Tipos de Análise de Segurança e Operabilidade das Operações	64
Tabela 9 – Características dos Especialistas Selecionados	88

Lista de Siglas

ACH	Análise da Confiabilidade Humana
APP	Análise Preliminar de Perigos
APR	Análise Preliminar de Riscos
ART	Análise de Risco da Tarefa
CAD	Computer-Aided Design
CapEx	Capital Expenditure
CCD	Condições Comuns de Desempenho
CHPtD	Construction Prevention through Design
CII	Construction Industry Institute
DFCS	Designing for Construction Worker Safety
DFS	Design for Safety
DNV	Det Norske Veritas
EMR	Experience Modification Rating
FAD	Fatores que Afetam o Desempenho humano
FEL	Front Ending Loading
HAZOP	Análise de Riscos e Operabilidade
IPA	Independent Project Analysis
MODEX	Modularization Expert
NIOSH	National Institute for Occupational Safety and Health
NOHSC	National Occupational Health and Safety Commission
OSHA	Occupational Safety and Health Administration
PMBOK	Project Management Body of Knowledge
PMI	Project Management Institute
PPMOF	Prefabrication, Preassembly, Modularization, and Off-Site Fabrication
TF	Taxa de Frequência
TG	Taxa de Gravidade

Sumário

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	O Contexto do estudo	15
1.2	Formulação da situação-problema	16
1.3	Objetivo	18
1.3.1	Objetivo Geral	18
1.3.2	Objetivo Específico	18
1.4	Relevância do trabalho	19
1.5	Metodologia	20
1.6	Estrutura do trabalho	22
2	PREVENÇÃO DE RISCOS NA FASE DE PROJETOS	23
2.1	Metodologia Front-End Loading (FEL)	23
2.2	A prevenção de riscos através do projeto	26
2.3	A importância do gerenciamento dos riscos nos empreendimentos	27
3	TÉCNICAS DE ANÁLISE DE RISCOS	30
3.1	Análise de riscos	30
3.1.1	Análise preliminar de riscos e análise preliminar de perigos	31
3.1.2	Análise de Riscos e Operabilidade (Hazop)	32
4	CONFIABILIDADE HUMANA E ENGENHARIA DE RESILIÊNCIA	34
4.1	Confiabilidade Humana	34
4.1.1	Modelo de Rasmussen	35
4.1.2	Taxonomia de Swain	35
4.1.3	Abordagem de Reason	36
4.2	Engenharia de Resiliência	39
4.2.1	Indicadores de desempenho reativos	41
4.2.2	Indicadores de desempenho proativos	43
4.2.3	Indicadores de Resiliência	43

5	INDUSTRIALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO	45
5.1	Ferramenta Computacional para Avaliação da Viabilidade de Aplicação do Processo de Industrialização da Construção	47
5.1.1	Custo	49
5.1.2	Cronograma	50
5.1.3	Qualidade	50
5.1.4	Segurança	51
5.1.5	Transporte	51
5.2	Desenvolvimento da Ferramenta Informatizada	52
6	ANÁLISE DE RISCOS EM UMA EMPRESA DE MINERAÇÃO	54
6.1	Análise Preliminar de Riscos em uma empresa de mineração	59
6.2	HAZOP em uma empresa de mineração	63
6.3	Seleção da estratégia do método construtivo como ferramenta de análise de riscos na fase de desenvolvimento de projetos de capital em uma empresa de mineração	69
6.3.1	Características, Premissas e Requisitos do Projeto	70
6.4	Aplicação da Ferramenta de Seleção da Estratégia do Método Construtivo	71
6.4.1	Fatores de Ponderação	72
6.4.2	Forma de Avaliação	79
6.4.3	Interpretação dos Resultados	81
7	FERRAMENTA DE SELEÇÃO DA ESTRATÉGIA DO MÉTODO CONSTITUTIVO - ESTUDO DE CASO	85
7.1	Etapa 1: Descrição dos Aspectos de Segurança abordados pela Ferramenta de Seleção da Estratégia do Método Construtivo – CII (Strategic Decision Tool for PPMOF – Level 2)	85
7.2	Etapa 2: Identificação de um Grupo de Especialistas	87
7.3	Etapa 3: Confeção de um Questionário para Avaliação da Ferramenta de Seleção da Estratégia do Método Construtivo Aplicada à Fase de Desenvolvimento de Projetos de Capital em uma Empresa de Mineração	90
7.4	Etapa 4: Aplicação do Questionário	90
7.5	Etapa 5: Análise dos Dados	90

7.6	Etapa 6: Definição das Propostas de Melhorias à Ferramenta de Seleção da Estratégia do Método Construtivo	91
7.6.1	Os Aspectos de Confiabilidade Humana	92
7.6.2	Os Aspectos da Engenharia de Resiliência	94
7.7	Etapa 7: Validação das Melhorias	95
7.8	Etapa 8: Inclusão das Melhorias Propostas à Ferramenta de Seleção da Estratégia do Método Construtivo	96
7.9	Etapa 6: Testes de Aceitação	98
7.9.1	Aplicação da versão original da ferramenta	98
7.9.2	Aplicação da versão modificada da ferramenta	100
8	CONCLUSÕES E PROPOSTA PARA TRABALHOS FUTUROS	104
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	106
	GLOSSÁRIO	112
	APÊNDICES	113

1 INTRODUÇÃO

1.1 O Contexto do Estudo

O desenvolvimento de projetos e o seu gerenciamento são a aplicação de conhecimentos, habilidades, ferramentas e técnicas a fim de atender os objetivos do projeto, gerenciamento esse baseado no menor prazo, com o menor custo, otimizando o uso dos recursos, dentro da qualidade combinada, correndo menos riscos e satisfazendo todas as partes interessadas.

O processo de projeto de mega empreendimentos, tecnicamente denominados “projetos de capital”, tem sido objeto de bastante atenção por parte de grandes empresas. Especial ênfase tem sido dada a métodos de gestão do processo de projeto desses empreendimentos, e mais ainda ao que se refere às etapas iniciais, nas quais se desenvolvem os estudos estratégicos e a definição da viabilidade e atratividade do negócio, a definição preliminar dos custos e do Capital Expenditure (CapEx), a gestão dos riscos e a análise preliminar das alternativas de engenharia para esses empreendimentos. O fato de estarem normalmente orientados a setores industriais como o da mineração, energia, petróleo, gás, etc., caracterizados por um alto grau de complexidade, faz com que a gestão de projetos envolva a criação de um equilíbrio entre as demandas de escopo, tempo, custo, operabilidade, segurança e bom relacionamento com o cliente. O sucesso na gestão de um projeto está relacionado ao alcance dos seguintes objetivos: entrega dentro do prazo previsto, dentro do custo orçado, com nível de desempenho e segurança adequado, aceitação pelo cliente, atendimento de forma controlada às mudanças de escopo com respeito à cultura da organização e ao meio ambiente.

Cerca de 30% (trinta por cento) dos problemas que ocorrem nas obras são decorrentes de um projeto mal desenvolvido, sobretudo na sua fase de concepção. Os reflexos irão aparecer durante a execução do empreendimento (PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, 2012).

Uma vez que se decide avançar nas etapas de concepção desses empreendimentos, em geral utilizam-se modelos de gestão do processo de projeto (modelos de referência) formalizados e, em muitos casos, padronizados. São métodos que podem apresentar uma estrutura conceitual semelhante à etapa de pré-projeção, utilizada em alguns modelos de gestão do desenvolvimento de produtos em outros segmentos industriais (ROMANO, 2006).

Nesse contexto, o presente trabalho apresenta um dos métodos comumente utilizados pela indústria de mineração na etapa de “pré-planejamento” de projetos de capital, o Front End

Loading (FEL) e realiza um estudo sobre uma das ferramentas de análise de riscos aplicada na fase de desenvolvimento de empreendimentos de projetos de capital em uma empresa de mineração, contemplando ainda conceitos apregoados pela Confiabilidade Humana e Engenharia de Resiliência.

1.2 Formulação da situação-problema

As mudanças que vêm ocorrendo no contexto social, econômico, político e tecnológico no mundo e no Brasil impõem às empresas a necessidade de novas estratégias e sugerem que os modelos de gestão tradicionais não são suficientes para responder aos novos desafios que surgem a cada dia. Em todos os segmentos industriais a gestão da segurança e saúde no trabalho busca na prevenção seu enfoque principal, realizando sempre intervenções para impedir ou corrigir os desvios e as não conformidades do processo, evitando, assim, as consequências indesejáveis que podem, em última instância, representar o acidente. Os custos dos acidentes podem ser de grandes proporções, ou até mesmo incalculáveis, visto que a vida humana não tem preço. Assim sendo, as empresas lentamente passam a acreditar que a competitividade e o lucro não são os únicos elementos fundamentais para a sua organização e demonstram, através da busca da melhoria contínua de suas práticas operacionais, processos e sistemas, a preocupação com as questões da segurança do ambiente de trabalho. Apesar disso, os critérios tradicionais para avaliação de riscos em projetos de engenharia ainda são, prioritariamente, baseados em fatores econômicos e produtivos, limitando-se à análise de custo-benefício do empreendimento e relegando ou omitindo os eventuais danos que possam ocasionar à segurança dos trabalhadores e das instalações. Dentro deste contexto, projetistas têm um papel fundamental em influenciar a segurança do trabalhador da construção (GAMBATESE y HINZE, 1999). Engenheiros-projetistas e projetistas podem influenciar positivamente a segurança nas fases de construção, montagem e operação, bem como para as atividades de manutenção, através da integração do conceito de segurança nos processos de concepção de projetos.

A qualidade assegurada do projeto sempre se destacou nas fases de execução como uma ação mantida pelo uso de mecanismos de controle e de métodos específicos de análise e solução de problemas resultantes das atividades do projeto.

O caráter reativo adotado em projetos de engenharia, isto é, correção e/ou adequação de instalações e equipamentos para atendimento a requisitos de segurança nas fases de construção, montagem e operação, elevam os custos do empreendimento e a vulnerabilidade operacional.

Behm (2006) demonstrou pela análise de 450 relatórios de mortes e lesões incapacitantes de trabalhadores da construção civil documentados pela Occupational Safety and Health Administration – OSHA e National Institute for Occupational Safety and Health - NIOSH que, se a segurança tivesse sido abordada na fase de concepção dos projetos dos respectivos empreendimentos, os incidentes poderiam ter sido evitados. Através de um modelo de investigação desenvolvido para esta pesquisa, o autor descobriu que em 151 casos (cerca de um terço dos pesquisados), os riscos que contribuíram para o incidente poderiam ter sido eliminados ou reduzidos se as medidas de segurança tivessem sido aplicadas na concepção dos projetos.

Considerar-se-á incidente como evento relacionado ao trabalho no qual uma lesão ou doença (independentemente da gravidade) ou fatalidade ocorreu ou poderia ter ocorrido (Norma OSHA 18001:2007). Assim, um acidente é um incidente que resultou em lesão, doença ou fatalidade e um incidente no qual não ocorre lesão, ou fatalidade pode também ser denominado um "quase acidente", "quase perda", "ocorrência anormal" ou "ocorrência perigosa".

Outro estudo realizado em 2003 sobre os fatores causais de acidentes na fase de construção avaliou o papel do profissional de projeto. Verificou-se as causas de 100 (cem) acidentes na construção no Reino Unido, e descobriram que os projetos poderiam ter reduzido o risco associado com os acidentes em quase metade dos casos (BEHM, 2006, p. 1).

Relatórios de análise de 224 fatalidades foram revistos (NIOSH, 2004) e foi determinada uma conexão com o conceito projeto voltado para a segurança da construção. Os resultados mostraram que 42% das mortes estavam associadas ao conceito, ou seja, o risco associado que contribuiu para o incidente teria sido reduzido ou eliminado se o conceito de projeto voltado para a segurança da construção tivesse sido utilizado (BEHM, 2005).

A Fundação Europeia para a Melhoria das Condições de Vida e de Trabalho (EUROFOUND), em pesquisa de 1991, concluiu que cerca de 60% dos acidentes fatais na construção decorriam de decisões preliminares à fase de construção (BEHM, 2005, p. 591).

1.3 Objetivo

1.3.1 Objetivo Geral

A presente pesquisa tem como **objetivo geral** propor a inclusão de elementos centrados na Confiabilidade Humana e na Engenharia de Resiliência a uma ferramenta de análise de riscos aplicada na fase de desenvolvimento de projetos de capital em uma empresa de mineração.

1.3.2 Objetivo Específico

Para o alcance da intenção da proposta supramencionada, os **objetivos específicos** buscam:

- Identificar, por meio de uma revisão bibliográfica, novas abordagens de gestão de segurança nas fases de desenvolvimento de projetos de engenharia;
- Mapear as etapas do ciclo de vida de um projeto de capital em uma empresa de mineração, enfatizando a fase de desenvolvimento, descrevendo uma ferramenta de análise de risco atualmente utilizada;
- Avaliar e propor melhorias em uma ferramenta de análise de riscos aplicada à fase de desenvolvimento de projetos de capital em uma empresa de mineração, através de uma abordagem que contemple, também, os conceitos da Confiabilidade Humana e da Engenharia de Resiliência.

Como **contribuição** ao conhecimento espera-se, com as discussões propostas na presente pesquisa, a consolidação de uma ferramenta modificada, que conduza ao incremento de um conjunto de requisitos de segurança, centrados em Confiabilidade Humana e Engenharia de Resiliência, ao processo de análise de riscos, aplicado durante a concepção de empreendimentos de projetos de capital.

1.4 Relevância do trabalho

O presente projeto de pesquisa se justifica pelo fato de que a situação ideal é que a segurança nas fases de construção e montagem, assim como a segurança na operação de empreendimentos industriais seja uma consideração principal nas fases de projeto conceitual e preliminar (BEHM, 2005). A curva de grau de influência na segurança da construção ao longo do tempo, apresentada na Figura 1, ilustra que porção significativa da capacidade de influenciar a segurança nas obras de construção é perdida quando sua consideração permanece ausente até a fase de construção.

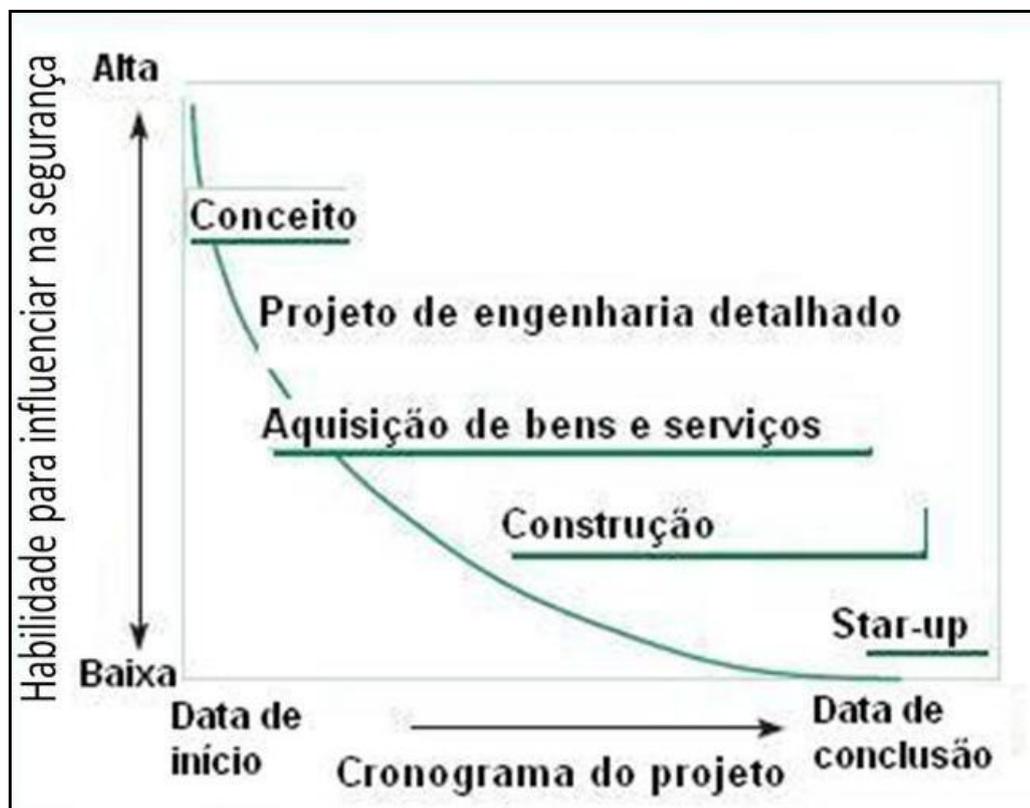


Figura 1– Curva de Influência Tempo/Segurança
Fonte: Szymberski, 1997

Como a visão predominante de gestão da segurança na construção e montagem de empreendimentos industriais é de atrasar o planejamento e execução das ações de segurança até que a fase de construção realmente comece, a capacidade para efetivamente projetar visando a eliminação, prevenção e redução dos riscos não é plenamente realizada.

As principais contribuições vislumbradas nesta pesquisa, referem-se à otimização de uma ferramenta de análise de riscos, de modo a permitir que a decisão acerca do método construtivo a ser adotado na execução de projetos de capital em uma empresa de mineração agregue uma abordagem que contemple também os conceitos da Confiabilidade Humana e da Engenharia de Resiliência. A aplicação de conceitos da Confiabilidade Humana visa contribuir para a redução de situações de erro provável e de fatores que poderiam proporcionar falhas no desempenho das tarefas em atividades realizadas durante a implantação de um projeto. Adicionalmente, a integração de conceitos da Engenharia de Resiliência se justifica pelo fato de buscar atribuir maior capacidade de antecipação dos problemas relacionados com a gestão de segurança. Com isso, espera-se o incremento de um conjunto de requisitos de segurança ao processo de análise de riscos aplicado durante o desenvolvimento de projetos de capital, minimizando assim os riscos durante as etapas de construção e montagem do empreendimento.

1.5 Metodologia

Considerando a sua natureza, trata-se de uma pesquisa aplicada, pois objetiva gerar conhecimentos para a aplicação prática, dirigida à solução de problemas específicos relacionados às fases de construção e montagem de empreendimentos industriais no que tange à incorporação de requisitos de segurança e saúde a serem aplicados desde a concepção de projetos de engenharia.

Da perspectiva da abordagem do problema, é uma pesquisa qualitativa, pois consiste na análise e interpretação de referenciais técnicos e normativos, de dados e de informações disponíveis na literatura e em práticas de implantação de projeto em uma empresa de mineração, não requerendo, para tanto, o uso de métodos e técnicas estatísticas.

Sob o ângulo de seus objetivos, é uma pesquisa exploratória, pois visa proporcionar maior familiaridade com o problema com vistas a torná-lo explícito, envolvendo o levantamento bibliográfico.

Buscou-se, inicialmente, estruturar o trabalho de revisão bibliográfica a partir da leitura de diversos autores, buscando correlacioná-los de forma sistêmica, definindo, buscando e relacionando diversos temas relacionados ao problema, a fim de possibilitar uma base teórica inicial.

A dissertação tem como proposta principal atingir os seguintes objetivos:

- Mapear as etapas do ciclo de vida de um projeto de capital em uma empresa de mineração, enfatizando a fase de desenvolvimento e descrevendo uma ferramenta de análise de risco atualmente utilizada;
- Avaliar e propor melhorias na ferramenta de análise de riscos aplicada à fase de desenvolvimento de projetos de capital em uma empresa de mineração, através de uma abordagem que contemple, também, os conceitos da Confiabilidade Humana e da Engenharia de Resiliência.

Visando avaliar a ferramenta de análise de riscos e identificar oportunidades de melhoria, foi aplicado um questionário a um grupo de especialistas em gestão de projetos de capital, sendo que todos eles eram funcionários da empresa de mineração. Os especialistas foram escolhidos de maneira a constituir um grupo multidisciplinar, ou seja, foram identificados especialistas de diferentes disciplinas que integram o desenvolvimento de um projeto de capital, tais como: planejamento, engenharia, suprimentos, orçamento e custos, saúde e segurança, meio ambiente. Cada um deles possuía certo grau de familiaridade e experiência na aplicação da Ferramenta de Seleção da Estratégia do Método Construtivo. Antes da aplicação do questionário, os especialistas foram informados de que se tratava da realização de uma pesquisa que seria parte integrante da elaboração de uma dissertação de mestrado e cujos objetivos foram claramente explicitados a cada um dos especialistas consultados. Dos 25 (vinte e cinco) especialistas que receberam o questionário da pesquisa através de correio eletrônico, 12 (doze) especialistas responderam à pesquisa. Os especialistas foram indicados pela Diretoria de Gestão de Projetos de Capital da empresa.

Considerando tanto as contribuições dos resultados da pesquisa realizada junto aos especialistas quanto os conceitos da confiabilidade humana e da engenharia de resiliência estudados, foi apresentada uma proposta de integração de elementos à Categoria “Segurança” da Ferramenta de Seleção da Estratégia do Método Construtivo. Em seguida, foi realizada uma reunião com os 12 (doze) especialistas para apresentação, discussão e validação dos quesitos propostos. Todos os especialistas foram unânimes em validar a inclusão de todas as 8 (oito) questões à Categoria “Segurança” da ferramenta.

A partir da versão original da ferramenta, foi desenvolvida uma versão modificada da Ferramenta de Seleção da Estratégia do Método Construtivo, que integra as questões propostas de forma a proporcionar uma abordagem mais ampla dos aspectos de saúde e segurança, considerando também elementos de confiabilidade humana e de engenharia de resiliência.

Em seguida, foi realizado um teste-piloto, visando comparar a aplicação das duas versões da ferramenta em um escopo específico de um empreendimento de projetos de capital, com o objetivo de avaliar o grau de otimização da ferramenta de seleção da estratégia do método construtivo. A aplicação foi realizada em 2 (dois) *workshops* com duração de 8 (oito) horas cada, sendo que no primeiro deles foi feita a aplicação da versão original da ferramenta e no segundo foi aplicada a versão modificada. Os 12 (doze) especialistas formaram o grupo que realizou a aplicação de ambas versões da ferramenta ao escopo amostral de empreendimento escolhido, visto se tratar de um escopo familiar aos especialistas.

Por último foram apresentados e discutidos os resultados e formuladas as conclusões acerca do que foi verificado através do estudo de caso.

1.6 Estrutura do trabalho

O capítulo 1 contempla a apresentação do contexto e o problema da pesquisa, juntamente com os objetivos gerais e específicos, a relevância e a estrutura da dissertação.

Os capítulos 2, 3, 4 e 5 apresentam a revisão bibliográfica. No capítulo 2 é descrita a estrutura da Metodologia Front Ending Loading - FEL, os conceitos de prevenção de riscos através do projeto e a importância do gerenciamento de riscos nos empreendimentos. O capítulo 3 contempla as técnicas de análise de riscos. O capítulo 4 apresenta os conceitos básicos de Confiabilidade Humana e Engenharia de Resiliência. Já o capítulo 5 apresenta os conceitos envolvidos na industrialização da construção.

No capítulo 6 são apresentadas as técnicas de análise e gerenciamento de riscos de saúde e segurança utilizadas em uma empresa de mineração, a qual serviu de base para o estudo de caso exploratório.

O capítulo 7 apresenta o estudo de caso exploratório, realizado em uma empresa de mineração, e que contemplou o desenvolvimento da proposta de inclusão de melhorias em uma ferramenta de análise de riscos, aplicada à fase de desenvolvimento de projetos de capital, através de uma abordagem centrada nos conceitos da confiabilidade humana e da engenharia de resiliência.

No capítulo 8 são apresentados, analisados e discutidos os principais resultados e conclusões do estudo de caso.

2 PREVENÇÃO DE RISCOS NA FASE DE PROJETOS

2.1 Metodologia Front-End Loading (FEL)

O Project Management Body of Knowledge (PMBOK) define *projeto* como sendo um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado exclusivo (PMI, 2004). A definição de projeto engloba três características principais: temporário, elaboração progressiva e produtos, serviços ou resultados exclusivos.

O Independent Project Analysis – IPA, organização americana voltada para análise quantitativa da eficácia de projetos de capital, possui e desenvolve bancos de dados detalhados de forma parametrizada, contendo dados do ciclo de vida do projeto, desde a sua concepção até a operação. Os dados são usados para desenvolver ferramentas de análise estatística que permite comparar o desempenho de projetos nas suas várias áreas, como análises de custo, efetividade de equipe e integração, entre outras. O IPA caracteriza o ciclo de vida do projeto dividindo-o nas fases/processos: Front-End Loading, Execução e Operação. O Front-End Loading (FEL) é uma metodologia que objetiva a definição detalhada de um projeto de capital na fase de desenvolvimento, com a finalidade de minimizar os riscos e maximizar a confiança dos investidores em seu sucesso. Esta metodologia torna-se um instrumento eficaz à decisão executiva, na medida em que confere previsibilidade, responsabilidade, transparência e competitividade aos empreendimentos.

A metodologia FEL divide a etapa de desenvolvimento em três fases distintas (FEL 1 – Análise do Negócio, FEL 2 – Seleção da Alternativa e FEL 3 – Planejamento da Construção), com *gates* (Portões) de passagem de transição de uma fase para outra.

A metodologia FEL está alinhada com os conceitos do Project Management Institute, uma vez que as nove áreas de conhecimento do PMBOK estão presentes nos produtos entregáveis previstos entre o início de FEL 1 e conclusão de FEL 3. O objetivo é identificar o conjunto de conhecimentos em gerenciamento de projetos, para aumentar as chances de sucesso destes, diferenciando-se um do outro apenas estruturalmente, já que o PMI é estruturado por disciplinas e o FEL por fases, com um conjunto de produtos associados a cada uma delas.

Cada fase possui um conjunto claro de produtos associados. Estes produtos precisam ser finalizados para o início da próxima fase. Esta disciplina, autoimposta sobre o sistema de projetos, resulta na implementação de um processo que pode ser reproduzido e estar sujeito a

verificações periódicas dos requisitos de segurança, nas diversas fases de desenvolvimento e execução do empreendimento.

Durante as etapas do FEL, os gastos relacionados ao desenvolvimento do empreendimento são de 5% a 10% do valor total do projeto e o poder de influência dos gestores do empreendimento sobre as decisões que poderão impactar o custo total é superior a 90%, visto que as definições são formuladas nessa etapa. Após o início da construção, o quadro inverte: os gastos aumentam consideravelmente e a influência sobre o projeto diminui. O gráfico da figura 2 mostra a importância da fase de desenvolvimento para o ciclo de vida do projeto.

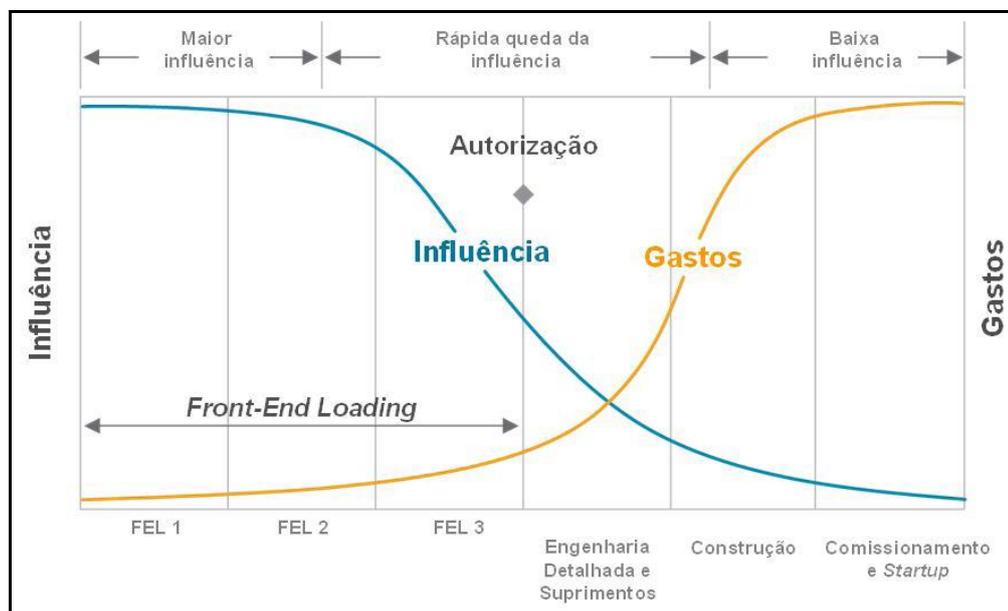


Figura 2 - Grau de influência e gastos nos projetos ao longo do tempo

Fonte: IPA, 2004

Na metodologia FEL, as três fases de desenvolvimento do empreendimento são sequenciais. Cada uma delas possui um conjunto de produtos que deverão ser desenvolvidos pela equipe do projeto antes do início da próxima fase. Estes produtos são orientadores, mas não exaurem todas as demandas dos projetos.

Estas três fases devem garantir que o projeto esteja progredindo de acordo com o planejado e que o escopo e o objetivo do mesmo se mantenham alinhados com a estratégia corporativa.

As fases do FEL estão esquematizadas na figura 3.



Figura 3 – Fases do FEL
 Fonte: Material Interno, 2011

A etapa inicial, FEL 1, visa identificar, desenvolver e avaliar a oportunidade de investimento por meio da análise da atratividade do negócio.

A etapa intermediária, FEL 2, implica na seleção da melhor alternativa conceitual apresentada na etapa anterior, chegando-se a uma melhor definição do escopo e dos critérios e restrições para o desenvolvimento do projeto. A fase final da etapa de pré-planejamento, FEL 3, refina os parâmetros de projeto e alternativas de engenharia definidas nas etapas anteriores, preparando o projeto para sua aprovação com relação ao escopo, custos, prazos e parâmetros associados à rentabilidade.

O conceito da Metodologia FEL baseia-se no processo de validação por etapas. Ao término de cada estágio de desenvolvimento, o projeto é submetido para validação (portões), na qual são verificados os produtos desenvolvidos em cada etapa e é recomendando prosseguir para a próxima fase, conforme mostrado na figura 4 abaixo.

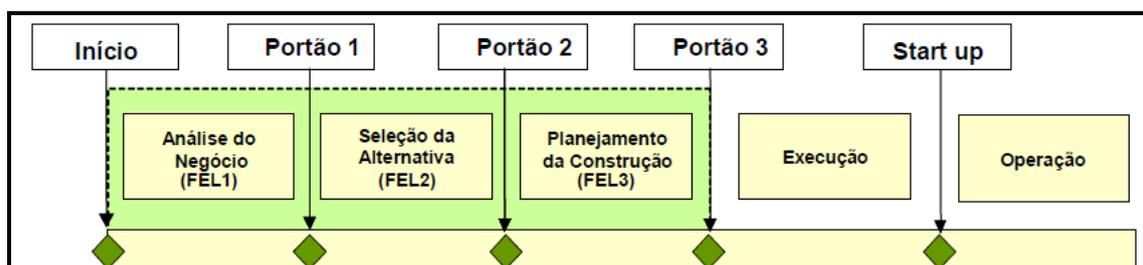


Figura 4 – Conceito da Metodologia FEL
 Fonte: Material Interno, 2011

Em síntese, FEL 1 implica na definição do escopo e os objetivos do empreendimento, bem como uma estimativa inicial do montante de investimentos, prevendo uma faixa de variação do custo do empreendimento que varia entre - 25% e + 40%, além da análise da viabilidade do negócio, através do cálculo dos principais indicadores.

A etapa FEL 2 implica na análise das soluções tecnológicas e construtivas associadas ao empreendimento, terminando com a seleção de uma dessas soluções e com as definições básicas das instalações, incluindo as edificações.

Na fase final da etapa de pré-planejamento (FEL 3), refina-se a solução de engenharia selecionada em FEL 2. Com esse refinamento da solução de engenharia e o desenvolvimento dos projetos básicos prevê-se uma variação no custo do empreendimento entre -10% e +10%, além da consolidação dos principais indicadores de viabilidade do negócio.

2.2 A prevenção de riscos através do projeto

O conceito de projeto voltado para segurança da construção é definido como a consideração, na fase de concepção de um projeto, da segurança durante a construção do empreendimento (BEHM, 2005). Nesse sentido, algumas variações acerca do conceito foram identificadas na bibliografia consultada e são a seguir apresentadas.

O conceito de “Prevenção através do Projeto” (Prevention through Design - PtD) é definido como sendo enfrentar as necessidades de segurança e saúde no processo de projeto para evitar ou minimizar os riscos relacionados com o trabalho e os riscos associados com a construção, fabricação, uso, manutenção e disposição de instalações, materiais e equipamentos (NIOSH, 2004).

Tem-se também o conceito de “Prevenção dos Perigos na Construção através do Projeto” (Construction Hazards Prevention through Design - CHPtD) que é definido como o processo em que os profissionais de projeto (ou seja, engenheiros e arquitetos) explicitamente consideram a segurança dos trabalhadores da construção ao projetar uma instalação (TOOLE y GAMBATESE, 2008).

Outro conceito é o chamado de “Projetando para a Segurança” (Design for Safety - DFS), que é o processo formal que inclui a análise de risco no início de um projeto (HAGAN, 2001). Este processo começa com a identificação dos perigos. Medidas de engenharia são aplicadas para eliminar os perigos ou reduzi-los.

Uma extensão do processo de DFS (Design for Safety) para projetos de construção é denominada “Projetando para Segurança do Trabalhador da Construção” (Designing for Construction Worker Safety - DFCS). O DFCS é aplicável ao projeto de um edifício, instalação ou estrutura. Este processo não trata de métodos para tornar a construção mais

segura, mas como fazer um projeto mais seguro. Por exemplo, a utilização de sistemas de proteção contra quedas não é parte do processo de DFCS. O DFCS considera a influência das decisões de concepção de projeto, que podem eliminar ou reduzir significativamente a necessidade de sistemas de proteção contra quedas durante a construção e manutenção. Requer a habilidade de identificar os riscos potenciais para os trabalhadores, associados com a construção, na fase de concepção de um projeto.

Em 1985, a Organização Internacional do Trabalho (OIT) reconheceu a necessidade de profissionais de projeto estarem envolvidos e considerarem a segurança da construção em seu trabalho. Eles recomendaram que fosse levada em consideração pelos responsáveis pelo projeto, a segurança dos trabalhadores empregados para erguer edifícios e outras obras de engenharia civil (ILO, 1985). A OSHA, no mesmo ano, começou a reconhecer o impacto do profissional de projeto na segurança da construção. Comentários do diretor-adjunto da OSHA's Construction Directorate apoiaram o entendimento de que a agência reconhece o impacto que um projetista tem na segurança do canteiro de obras.

Na Europa, desde o advento da “Temporary and Mobile Construction Sites Directive”, de 1992, obrigações foram colocadas sobre profissionais de projeto. Em resposta a esta diretiva, o Reino Unido aprovou a lei com Regulamentos sobre Projeto e Gestão da Construção (Construction Design & Management – CDM), que se tornou efetiva em 1995.

Além disso, a França aprovou regulamentação, determinando uma visão holística da segurança da construção, incluindo o projeto (L' Organisme Professionnel de Prévention du Bâtiment et des Travaux Publics - OPPBTP, 2002) e outros países europeus seguiram, a partir daí, regulamentos semelhantes. Estes regulamentos estabeleceram requisitos de saúde e segurança para os trabalhadores da construção a serem atendidos pelos profissionais de projeto.

2.3 A importância do gerenciamento dos riscos nos empreendimentos

De acordo com o Guia para Sistemas de Gestão de Saúde e Segurança Industrial *British Standard 8800*, 1996, *perigo* é definido como uma fonte ou situação com potencial de provocar danos em termos de ferimentos humanos ou problemas de saúde, danos à propriedade, ao ambiente, ou uma combinação destes fatores. Este guia também define risco

como a combinação da probabilidade e consequência de ocorrer um evento perigoso especificado.

O processo de gerenciamento de riscos pode ser entendido como a utilização dos recursos humanos, materiais, financeiros e tecnológicos de forma preventiva, com objetivo de evitar acidentes que possam causar danos à saúde dos trabalhadores e impactos ambientais, sendo necessária a identificação dos riscos, planejamento de ações de bloqueio, ações preventivas, controle e monitoramento e análise crítica para melhoria contínua e aprendizado.

Dessa forma, pode-se entender que o gerenciamento dos riscos começa no projeto, através da identificação dos possíveis desvios de processos, condições inseguras, camadas de proteção contra falhas, falhas combinadas e possíveis efeitos dos danos causados por um acidente.

O projeto de um empreendimento de grande porte engloba fases importantes, como o desenvolvimento conceitual, a análise das alternativas e o detalhamento, sendo que para cada uma delas existem requisitos de segurança que devem ser atendidos.

Neste contexto, Cameron et al. (2004), recomendam um processo de validação por portões (gates) que considere a análise de aspectos críticos do projeto, como pontos chave durante o seu ciclo de vida. Isto garante que tudo que foi planejado esteja concluído, antes de avançar para o próximo estágio, auxiliando na definição de metas mais concretas através do gerenciamento de riscos. A verificação dos requisitos de saúde e segurança deve fazer parte destas revisões dos portões de validação.

Os riscos de saúde e segurança fazem parte de todos os demais riscos do projeto e a implementação de um processo de revisão, através de portões de validação, pode fornecer mecanismos para gerenciar fatores que possam gerar custos e prazos adicionais, além de prover mecanismos para gerenciar os riscos de saúde e segurança.

A falta de planejamento traz incertezas para o projeto, tais como mudanças a serem realizadas no estágio de construção e montagem, resultando em prazo e custo extra.

A adoção do conceito “Front-End-Loading” no gerenciamento de projetos de engenharia minimiza o potencial de mudanças de última hora através de um planejamento abrangente e também pode reduzir a probabilidade de acidentes.

Segundo Baldwin (2006), o planejamento de segurança na fase de projeto básico é reconhecido como a base principal do processo de segurança na construção, por mais de uma década.

Na fase de Construção e Montagem, ou seja, durante a implantação do empreendimento, a proteção dos trabalhadores é significativamente influenciada por decisões que foram tomadas nas fases de planejamento e projeto. Alguns planos de engenharia e construção podem se

tornar difíceis e perigosos de serem efetivamente implementados quando elaborados sem uma análise abrangente de segurança.

As ferramentas de análise de riscos são utilizadas para a realização de um exame sistemático de todos os riscos de saúde e segurança associados aos processos e atividades desenvolvidos em instalações industriais.

O efetivo planejamento e implementação da gestão de segurança e saúde em empreendimentos de engenharia contribui, em adição a outros importantes fatores, para que os projetos sejam entregues no prazo, sem custos adicionais e sem expectativas de acidentes e danos à saúde dos trabalhadores envolvidos na implantação do empreendimento.

A organização de um sistema eficaz de gestão de segurança e saúde no trabalho pode minimizar a probabilidade de ocorrência de acidentes, pois irá possibilitar a identificação das falhas latentes e implementar mecanismos de controle, isto é, barreiras capazes de dificultar a combinação de eventos que se materializam, podendo resultar em acidentes. A análise sistemática dos riscos deve ser utilizada para se antecipar aos problemas e assim garantir a segurança das atividades e operações.

Através da utilização de ferramentas de análise de riscos é possível dimensionar qualitativamente os riscos de acidentes e doenças de trabalho, levantando a existência e a efetividade das salvaguardas e assim propor melhorias para reduzir os riscos a níveis aceitáveis.

3 TÉCNICAS DE ANÁLISE DE RISCOS

3.1 Análise de Riscos

As técnicas de análise de risco possibilitam a identificação dos perigos, aspectos e desvios de processo, que possam afetar a saúde e segurança dos trabalhadores, o meio ambiente e a qualidade dos produtos. Entendem-se riscos como a combinação entre a probabilidade de um evento indesejado e a consequência do mesmo, sendo o risco classificado em categorias distintas, dependendo da severidade dos danos causados e da frequência. Existem várias classificações de risco, porém o importante é adotar uma política clara para gerenciar aqueles classificados como catastróficos e críticos e manter sob controle os riscos moderados. Para realizar uma análise de riscos é necessário que o processo seja mapeado para que se possa entender as interfaces internas e externas e o fluxo de produtos, tecnológico e humano (DNV, 2003).

Para identificar os perigos, aspectos ambientais e possíveis desvios de processo, qualificar e quantificá-los em termos de consequências, se faz necessária a utilização das técnicas de análise de risco que podem ser caracterizadas como dedutivas ou indutivas (CALIXTO, 2005).

As técnicas dedutivas partem do perigo, aspecto ambiental ou desvio de processo para as causas e consequências, com o objetivo de propor ações mitigadoras. As técnicas indutivas são o contrário, investigam os possíveis efeitos de um evento desejado, partindo de um desvio de processo ou evento indesejado para avaliar as causas e consequências, para propor ações mitigadoras. As técnicas dedutivas e indutivas podem ser qualitativas e quantitativas.

As técnicas qualitativas são assim denominadas porque grande parte de suas informações são baseadas na experiência e conhecimento dos envolvidos no processo analisado. Apesar de, algumas vezes, serem utilizados bancos de dados para se definir a frequência ou probabilidade dos eventos indesejados, a severidade de tais eventos não é calculada, podendo o grupo de análise adotar uma postura conservadora ou pessimista em relação a essa classificação.

As técnicas quantitativas buscam mensurar a vulnerabilidade da área analisada e a consequência em termos de danos físicos para as pessoas dentro e fora da organização, danos materiais e ao meio ambiente. Para isso, existem modelos matemáticos e simuladores que utilizam dados de campo relativos a equipamentos, condições ambientais e variáveis que

possibilitem representar, o mais próximo da realidade, os danos causados por eventos indesejados.

Assim, as técnicas de análise de risco podem ser definidas como mostra a tabela 1.

Tabela 1 – Técnicas de Análise de Risco

Técnicas de Análise de risco			
Qualitativa		Quantitativa	
Indutiva	Dedutiva	Indutiva	Dedutiva
FMEA FMECA HAZOP HAZID WHAT IF	APR	AQR SIL	FTA

Fonte: Calixto, 2005

A seguir são apresentados os conceitos das técnicas de análise de risco que são mencionadas neste trabalho.

3.1.1 Análise Preliminar de Riscos e Análise Preliminar de Perigos

A análise preliminar de risco (APR) foi utilizada inicialmente na área militar, para identificação de riscos em sistemas de mísseis que utilizavam combustível líquido, envolvendo perigo de explosão e incêndio, sendo uma forma de prevenção e garantia da aplicação dos procedimentos. Na indústria, a APR é utilizada em processos antes da realização de atividades que envolvam situações que possam causar acidentes graves e em projetos para identificação dos perigos nos diversos sistemas e subsistemas. Existe diferença entre Análise Preliminar de Risco (APR) e Análise Preliminar de Perigo (APP), sendo que, no primeiro caso, além de avaliar os perigos existentes é feita uma qualificação dos riscos, através da qualificação das frequências ou probabilidade de exposição aos perigos e da gravidade das consequências dos acidentes ao meio ambiente e à saúde dos trabalhadores (DNV, 2003). Pode-se verificar, em alguns casos, a análise preliminar de tarefa, podendo haver qualificação do risco ou não, sendo utilizada para tarefas específicas com objetivo de prevenção aos riscos envolvidos nas tarefas. A APR é um técnica de análise de risco

qualitativo-dedutiva, ou seja, ela inicia na identificação dos perigos, sendo avaliadas as causas e respectivas consequências, qualificados os riscos e propostas medidas para bloqueio e controle dos riscos.

A APR pode ser aplicada em qualquer fase do projeto, sendo mais adequada a partir do projeto básico e sendo necessárias atualizações e revisões da análise a cada mudança e detalhamento do projeto. Para realizar a APR é necessário um coordenador que conheça, além da técnica, os conceitos de perigo e danos, pois é comum haver confusão desses conceitos que podem comprometer as recomendações sugeridas na análise. Além do coordenador, são necessários especialistas de áreas operacionais relacionadas ao empreendimento, para avaliar a operacionalidade das ações propostas.

A APP pode ser feita com focos em segurança ou meio ambiente. A melhor opção é ser feita de maneira integrada, considerando os dois aspectos, porém é necessário que os participantes tenham uma visão ampla, o que não ocorre em muitos casos (DNV, 2003).

A APR tem como principais vantagens a possibilidade de participação de um grupo multidisciplinar, a utilização de pouco tempo para análise na maioria dos casos e simplicidade da aplicação da técnica, podendo ser utilizada em áreas operacionais de forma preventiva, antes da realização das tarefas. As desvantagens são a dependência da percepção dos perigos no processo ou projeto por parte dos envolvidos que, no caso de esquecimento de um perigo, pode acarretar um acidente, por não haver ação de controle ou bloqueio. Outra desvantagem é a utilização de uma outra análise feita para um processo, atividade, projeto ou tarefa parecida ou, no mesmo caso, em outro período, não havendo nesse caso, discussão sobre os perigos e conseqüentemente conscientização da importância das ações e bloqueio, sendo apenas o cumprimento de uma exigência gerencial.

3.1.2 Análise de Riscos e Operabilidade (Hazop)

O método Hazop foi introduzido inicialmente pelos engenheiros da empresa inglesa *ICI Chemicals* na metade dos anos 70. Uma vez verificadas as causas e as consequências de cada tipo de desvio, esta técnica procura propor medidas para eliminar, mitigar ou controlar até níveis aceitáveis o risco, ou quem sabe até sanar o problema de operabilidade do processo. É uma técnica estruturada em palavras guias, desvios, causas, consequências e recomendações, e é a técnica mais formalizada em termos de metodologia, sendo necessário experiência e

conhecimento na aplicação, para uma análise de processo de projetos (Dupont, 2004). Isso exige um coordenador que conheça a técnica, além de representantes da operação, processo, manutenção, instrumentação e projeto. A vantagem do Hazop é a metodologia rígida que obriga a avaliar todo o processo através da definição dos nós, ou seja, limites a serem avaliados nos processos estabelecidos nos desenhos de engenharia, dependendo do entendimento do grupo a respeito dos possíveis efeitos, causas e tipos de produtos. É interessante que a definição dos nós seja feita junto com a equipe de Hazop, devido ao conhecimento dos representantes de processo, operação e projeto. As desvantagens do Hazop são a monotonia da técnica que segue, desvio a desvio, os diversos equipamentos que pertencem aos nós definidos, a desconsideração de falhas combinadas e o excesso de foco dado ao processo, que pode deixar passar questões importantes relativas à saúde e ao meio ambiente. O principal desafio do Hazop é manter as discussões da equipe voltadas para identificações das consequências dos desvios e recomendações (Dupont, 2004). Existe uma tendência natural das equipes discutirem processo sem muitas vezes agregar valor à análise do Hazop, porém essas discussões são necessárias para garantir a qualidade das recomendações.

4 CONFIABILIDADE HUMANA E ENGENHARIA DE RESILIÊNCIA

4.1 Confiabilidade Humana

Confiabilidade humana é a probabilidade de que uma pessoa realize de maneira satisfatória uma tarefa exigida pelo sistema em um período de tempo determinado, sem realizar uma outra ação que possa degradar o sistema (SWAIN, 1976; CELLIER, 1990; DE KEISER, 2005). A análise da confiabilidade humana é uma ferramenta utilizada para melhorar o desempenho humano e estimar a confiabilidade humana. Esta análise fornece tanto informações qualitativas como quantitativas. As informações qualitativas identificam as ações críticas, ações errôneas (não desejadas), situações de erro provável e quaisquer fatores que poderiam proporcionar falhas no desempenho de qualquer ação. As informações quantitativas fornecem estimativas numéricas da probabilidade de que uma tarefa será desenvolvida de maneira incorreta ou de que ações não desejadas serão realizadas.

A Análise de Confiabilidade Humana se iniciou no final da década de 50, quando alguns especialistas perceberam a influência do fator humano no desempenho dos sistemas. Assim, destacam-se as primeiras iniciativas, como:

- Em 1958 Williams sugere que a confiabilidade humana deve passar a ser considerada nos modelos de confiabilidade existentes;
- Em 1960 estudos mostram que parte das falhas dos equipamentos são causadas por falha humana;
- Em 1962 foi iniciada a criação de bancos de dados de falhas humanas;
- Em 1972, Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) publicou uma edição sobre confiabilidade humana;

Na análise da confiabilidade humana algumas questões devem ser respondidas:

- O que pode dar errado e quais as consequências;
- Qual a possibilidade de dar errado;
- Quais os fatores que influenciam o desempenho humano;
- Como reduzir a probabilidade de falhar.

As falhas humanas resultam de processos mentais, tais como, o esquecimento, a falta de atenção, o baixo nível de motivação, a falta de cuidado, a negligência e a imprudência (Reason, 2000).

Existem diversas formas de classificar o erro humano baseadas nesta concepção.

4.1.1 Modelo de Rasmussen

Rasmussen (1976; AMALBERTI, 1996, 1980; FADIER, 1994, 1986, 1987) decompõe a atividade humana em três tipos de comportamento, baseados:

- nos automatismos (Skill) – permite a execução de trabalhos rotineiros com um baixo nível de atenção. Por exercício repetido, o operador adquire a capacidade de realizar uma tarefa, por vezes complexa, de modo automático (exemplo: condução de um automóvel);
- nas regras (Rule) – caracteriza-se pela utilização de procedimentos, de diretivas memorizadas, implicando um controle atencional (embora certas regras possam encadear-se quase automaticamente). Estas regras são adquiridas empiricamente ou prescritas (oralmente ou por escrito). É particularmente frequente na gestão de situações delicadas ou acidentais, exigindo um nível de compreensão mais elevado do que as atividades rotineiras;
- nos conhecimentos (Knowledge) – surge em situações completamente novas, em que o operador tem que identificar os objetivos a alcançar, a estratégia a seguir. Este processo necessita de uma representação cognitiva do sistema, a partir de princípios já adquiridos e transferíveis, bem como de uma avaliação antecipada do resultado. Requer, por vezes, a produção de soluções originais, sendo por isso atividades mais lentas e fortemente consumidoras de recursos.

A célebre classificação SRK (Skill-Rule-Knowledge) corresponde a uma diminuição dos níveis de familiaridade com a tarefa e a um aumento dos níveis de conhecimento, podendo uma mesma situação ser apreendida segundo os três níveis, tudo depende da perícia do operador (RASMUSSEN, 1980; FADIER, 1994; RASMUSSEN, 1983; SANDOM & HARVEY, 2004).

4.1.2 Taxonomia de Swain

O autor Swain (1976; CELLIER, 1990, 1983; DE KEISER, 2005) estabelece uma classificação baseada em cinco tipos de erro que primam pela objetividade:

- omissão – o indivíduo não executa uma das etapas da tarefa que, segundo a sua organização de trabalho, teria de ser realizada;
- execução – a tarefa não é realizada tal como está prevista pela organização;
- desvio – o operador introduz uma ação que não faz parte da tarefa prevista pela organização;
- sequência – acontece quando há alteração da ordem correta de realização da tarefa prevista;
- prazo – a tarefa é realizada antes ou depois do tempo previsto pela organização.

A taxonomia de Swain permite comparar a ocorrência de erros durante a execução de tarefas diferentes (CELLIER, 1990) mas, apesar de ser muito utilizada, não está livre de críticas, destacando-se duas. A primeira, diz respeito à confiança excessiva dada à noção de tarefa prescrita pela organização de trabalho, ou seja, é limitativo adotar uma tarefa como norma sem se ter em conta as circunstâncias em que esta é realizada. A segunda, refere-se ao processo implícito no erro, isto é, este processo não se reduz à execução de uma ação, visto que algumas etapas do raciocínio podem estar erradas e o ato ser correto, assim como podem existir ações incorretas imediatamente corrigidas pelo indivíduo que não deixam qualquer vestígio. A classificação de Swain não pode, pois, aplicar-se sem a realização de uma reflexão profunda e uma análise detalhada da situação de trabalho (DE KEISER, 2005).

4.1.3 Abordagem de Reason

A abordagem de Reason é, em grande parte, inspirada na obra de Rasmussen (DE KEISER, 2005). O autor (REASON, 1993) propõe uma classificação baseada nos mecanismos cognitivos implicados na produção do erro, distinguindo *tipo de erro* de *forma de erro*.

Para Reason (1993) o termo *tipo de erro* está associado à origem presumível do erro, situando-se entre as etapas que vão desde a concepção à execução da sequência de ações, as quais podem ser classificadas em três grandes categorias: a planificação, o armazenamento e a execução.

A planificação abrange diversos processos que identificam o objetivo a atingir e os meios necessários. Geralmente os planos não são executados de imediato, pelo que se sucede uma fase de armazenamento com duração variável entre a formulação das ações desejadas e a sua

execução. A etapa de execução engloba os processos implicados na entrada em ação do plano memorizado.

Assim, as falhas e os lapsos têm lugar quando as ações se afastam da intenção devido à deficiência na execução. Por outro lado, os enganos surgem quando as ações se desenvolvem segundo um plano inadequado para atingir o objetivo desejado.

A tabela seguinte apresenta as relações entre as três etapas e os tipos fundamentais de erro.

Tabela 2 – Classificação dos tipos fundamentais de erro em função das etapas

ETAPA COGNITIVA	TIPO FUNDAMENTAL DE ERRO
Planificação	Enganos
Armazenamento	Lapsos
Execução	Falhas

Fonte: Reason, 1993

- Enganos (Mistakes):
 - Ocorrem no modo baseado no conhecimento;
 - Ocorrem no modo baseado em regras: tarefa envolve seguir procedimentos;
- Deslizes (Slips) ou Lapsos (Lapses):
 - Ocorrem no modo baseado nas habilidades (Skill);
 - As intenções são corretas;
 - Lapso: Deixar de realizar uma ação no tempo certo;
 - Ocorrem em situações de estresse ou distrações.
- Falhas ou Violações:
 - Não seguir deliberadamente os procedimentos.
 - Violações são desvios de operação segura, práticas, procedimentos, normas ou regras.

Segundo Reason (1993), enquanto que os tipos de erro estão conceitualmente ligados às etapas e aos mecanismos cognitivos subjacentes, as formas de erro correspondem a repetições de falhas que surgem, qualquer que seja o tipo de atividade cognitiva ou de erro. Isto significa que as formas de erro podem encontrar-se nos enganos, nos lapsos e nas falhas propriamente ditas. Além disso, as formas de erro são de tal maneira dispersas que é pouco provável que a sua ocorrência esteja apenas relacionada com a falha de uma só entidade cognitiva.

De acordo com Reason (1993), a distinção entre falhas e enganos é insuficiente para contemplar todos os tipos de erro. Da análise de diversos erros, verificou que alguns apresentam propriedades de ambas as categorias, sendo difícil situá-los nesta classificação. Os tipos de erro podem ser classificados dentro de cada um desses três níveis de desempenho.

No nível da habilidade, os erros podem ser classificados em deslizos de atenção ou lapsos de memória. Os deslizos se referem a falhas de atenção e percepção em ações observáveis, enquanto os lapsos são eventos internos, geralmente envolvendo falhas de memória (REASON, 1990).

No nível das regras, Reason (1997) apresenta uma classificação que relaciona o resultado do desempenho com o tipo de regra utilizado (Tabela 4). Contudo, há uma importante situação não contemplada na Tabela 1; a incorreta, porém bem sucedida, violação de boas regras.

Tabela 3 – As variações de desempenho no nível das regras

	Boas regras	Más regras	Sem regras
Resultado positivo	Obediência correta	Violação correta	Improvisação correta
Resultado negativo	Violação (<i>misvention</i>)	Conformidade infeliz (<i>mispliance</i>)	Erro no nível do conhecimento

Fonte: REASON, 1997

O sucesso individual de reduzir o tempo de ciclo por ter deliberadamente ignorado uma regra projetada para maximizar a segurança constitui uma violação recompensada psicologicamente (REASON et al, 1998).

Uma pergunta comum para caracterizar o desempenho no nível das regras é se o procedimento ou regra estava disponível. Embora qualquer atividade tenha um potencial de risco, não necessariamente é possível e, muitas vezes, nem desejável, estabelecer regras para cobrir todos os aspectos da produção e segurança. Portanto, é impossível antecipar todas as combinações de perigos e seus respectivos cenários, de modo que sempre haverá situações com más regras ou até mesmo sem regras (REASON et al, 1998).

Outra característica dos procedimentos de segurança é que os mesmos, normalmente, proíbem ações que tenham implicado em recentes incidentes, sejam quase-acidentes ou acidentes. Contudo, ao longo do tempo, essas adições vão se tornando restritivas, podendo reduzir as ações permitidas para um nível menor do que o necessário para executar a tarefa. Assim, muitas violações são geradas pela superespecificação. Entretanto, particularmente no caso de sistemas complexos (por exemplo, usinas nucleares), tem sido observado que há rara recorrência de acidentes e assim, rapidamente, os trabalhadores notam que as violações isoladas não costumam levar a acidentes idênticos aos já ocorridos e não resultam em penalidade (REASON, 1990).

4.2 Engenharia de Resiliência

A introdução de novas tecnologias e de novas formas de gestão impactam na forma de realização do trabalho. As exigências por aumento de produtividade e a adoção de novas formas de tecnologia e de conhecimentos são alguns dos fatores que modificaram o mundo do trabalho e criaram novas formas de erros e acidentes nas organizações (DEKKER, 2002).

Um dos exemplos de mudança, nas últimas décadas, foi a transição do modelo de organização taylorista-fordista para um modelo de flexibilização da produção, baseado nos princípios do Sistema Toyota de Produção. Esta mudança implicou em exigências como multifuncionalidade, participação e interação dos trabalhadores com sistemas automatizados, no qual o trabalhador não é mais solicitado apenas para operar máquinas manualmente, mas a perceber sinais e a interpretar dados (GUIMARÃES, 2004). Estas mudanças organizacionais e de filosofia de produção também ocorreram no setor de mineração e foram agravadas, nos anos noventa, pelas políticas econômicas e estratégicas do país.

Estudos tradicionais em gestão de segurança costumam discutir os riscos e as falhas como resultados da deterioração do desempenho normal das organizações. Apesar de possuírem modelos poderosos e um conjunto de sistemas para apoiarem seus processos, a maioria desses métodos agrega perspectivas inadequadas para lidar com a complexidade dos eventos que ocorrem nos sistemas modernos (SHERIDAN, 2008; WREATHALL, 2006).

Nesse contexto, manter a produtividade e garantir a segurança industrial têm se tornado um desafio. Embora esforços tenham sido gerados no combate aos acidentes ocupacionais, as melhorias nos índices de segurança têm atingido um platô. Para explicar por que tais

melhorias não têm apresentado resultados satisfatórios, Abdelhamid et al. (2003) sugerem que o modo deficiente de compreensão dos acidentes seja um fator determinante. No entanto, a maneira pela qual os acidentes são abordados reflete o modo como a organização entende o problema, ou seja, reflete a sua cultura organizacional (HOLLNAGEL, 2004). Até recentemente, o acidente era analisado no intuito de buscar um culpado, transformado em estatística para efeitos legais, ou estudado para desenvolver um sistema prescritivo de prevenção um pouco melhor. Mas hoje, as teorias mais modernas (DEKKER, 2004; AMALBERTI, 1996; HOLLNAGEL, 2004; HOLLNAGEL et al., 2006) enfatizam que a segurança não pode ser entendida como uma propriedade do sistema baseada apenas na adesão a regras e à tabulação de estatísticas de acidentes, mas como uma característica dinâmica ligada ao seu comportamento. Assim, ao invés de focar apenas nos erros e falhas, a empresa deve atentar para o sucesso das suas equipes, principalmente quando tudo pressiona em direção ao insucesso. O que faz com que estas equipes sejam resilientes a ponto de se recuperar facilmente de erros e, até mesmo, não deixar que eles ocorram? Aprendendo com o sucesso daqueles grupos que lidam com a complexidade e a variabilidade, mesmo sob pressão, a empresa pode melhorar o desempenho das equipes menos resilientes e, assim, aumentar a segurança e o desempenho da empresa como um todo.

Conceituada como a capacidade de um sistema em manter-se ou retomar rapidamente sua estabilidade inicial, permitindo a continuação das operações depois de um incidente ou estresse significativo (WOODS e WREATHALL, 2003), a resiliência pode ser uma propriedade estendida para todas as áreas organizacionais. No contexto da gestão de segurança, a Engenharia de Resiliência é um novo paradigma que se concentra em entender como as pessoas, sob pressão, lidam com a complexidade e a variabilidade de um sistema e ainda obtém sucesso quando as condições estão adversas (HOLLNAGEL et al., 2006). Esta idéia corrobora Amalberti (1996), que afirma que nas organizações de alta confiabilidade, a chave da sua “ultra-segurança” se concentraria nos estudos dos acertos dos trabalhadores e não em seus fracassos, uma vez que os acidentes quase não ocorrem nestas organizações. Portanto, o sintoma de disfunções do sistema não é a ocorrência final do erro, mas a falta de capacidade para a sua detecção e antecipação das suas consequências.

As organizações podem tornar-se mais resilientes quando gestores nos diversos níveis hierárquicos possuem informações de como as atividades estão sendo executadas, de modo a oferecer os recursos necessários às pessoas para se adaptarem e tomarem decisões em situações inesperadas e não desejadas, mantendo o fluxo de uma produção eficaz e em segurança (HOLLNAGEL, 2008).

4.2.1 Indicadores de desempenho reativos

Segundo a National Occupational Health and Safety Commission – NOHSC (1999), os indicadores reativos consistem em medidas das perdas relativas à saúde e segurança e medem normalmente a quantidade de acidentes e doenças e suas implicações em termos de custo. São características típicas desses indicadores: a) facilidade de coleta; b) facilidade de interpretação; c) ligação óbvia com o desempenho de segurança; d) facilidade de comparação e e) contribuição para identificar tendências.

A abordagem reativa é a base da maioria dos procedimentos e regras utilizados na melhoria da segurança do trabalhador. O ser humano costuma aprender por meio das experiências, sendo possível aprender muito através dos acidentes ocorridos (RASMUSSEN et al., 1994). Por exemplo, como sugestão para explorar o potencial dos dados reativos, Levitt e Samelson (1994) recomendam classificar as lesões em diversas categorias, tais como: por parte do corpo atingida, por tipo de lesão, pelo tempo que o trabalhador está na atividade ou pela função do trabalhador.

Em vários países a legislação obriga a coleta de indicadores reativos. No Brasil, a NR-4 da Portaria 3.214 do Ministério do Trabalho e Emprego estabelece a obrigatoriedade de cálculo de dois indicadores de caráter reativo: taxa de gravidade (TG) e taxa de frequência (TF) de acidentes.

Nos EUA, os prêmios de seguro de acidentes de trabalho são calculados a partir de um parâmetro conhecido como taxa de modificação de experiência (Experience Modification Rating - EMR), que é a medida mais utilizada naquele país para a comparação do desempenho de segurança entre empresas. Em termos sucintos, o EMR é calculado a partir de uma taxa média de acidentes do setor, sobre a qual se aplica um coeficiente que reflete o histórico de acidentes da empresa. Embora seja bastante utilizado, muitos profissionais da área de segurança não entendem o procedimento de cálculo do EMR, devido à complexidade do mesmo. Como consequência disso, torna-se difícil para as empresas identificar as ações prioritárias que poderiam diminuir seus custos com seguros (EVERETT e THOMPSON, 1995).

Uma baixa taxa de acidentes, mesmo por um longo período de anos, não é garantia de que riscos estão sendo efetivamente controlados, nem vai assegurar a ausência de acidentes no futuro. Isso é particularmente certo nas organizações em que há uma pequena probabilidade

de acidentes, mas onde grandes perigos estão presentes. Nesse caso, o histórico de acidentes pode ser um indicador pouco confiável do desempenho da segurança (LINDSAY, 1992).

Os indicadores reativos apresentam algumas importantes limitações (BEA, 1998; NOHSC, 1999; REASON, 2000; SHAW e BLEWETT, 2000): a) medem as falhas, não o sucesso; b) oscilam aleatoriamente; c) refletem o sucesso das medidas de segurança empreendidas no passado e d) medem o desempenho individual do trabalhador, de modo que não conseguem retratar o desempenho do ambiente de trabalho.

Outra limitação se refere ao aumento da carga de trabalho que, isoladamente, pode contribuir para o aumento do número de acidentes. Assim, reitera-se que o indicador sempre deve ser avaliado sob a ótica do número de homens-hora trabalhadas. A duração do afastamento também não depende somente da gravidade da lesão ou doença, sendo influenciada também por outros fatores, tais como falta de motivação ou a falta de assistência por parte da empresa (DE CICCO, 1988).

4.2.2 Indicadores de desempenho proativos

De acordo com o relatório da National Occupational Health and Safety Commission - NOHSC (1999), as medidas proativas focam em avaliar o quão efetivamente uma empresa está executando o monitoramento dos processos para produzir bons resultados em termos de saúde e segurança. Esses indicadores podem ser utilizados para medir a relevância dos sistemas de gestão de saúde e segurança, gestão de processos e conformidade com práticas de saúde e segurança no ambiente de trabalho.

Em particular, a medição de indicadores proativos – preferencialmente em tempo real ou o mais próximo possível disso - é fundamental, visto que os indicadores reativos somente medem o desempenho passado da segurança e saúde (WREATHALL, 2006). A abordagem proativa analisa o sistema antes que ele falhe, em uma tentativa de identificar como poderia falhar no futuro (BEA, 1998).

Ao contrário das medidas reativas, as medidas proativas lidam com dados das situações atuais de segurança e geram o comprometimento com os padrões de desempenho e objetivos, com ativa participação de todos os níveis de gerência (SHAW e BLEWETT, 1995).

As vantagens de utilizar indicadores proativos de saúde e segurança em vez de indicadores reativos incluem: (a) retroalimentação do desempenho antes do dano, doença ou ocorrência de

acidentes e (b) a provisão dos mecanismos imediatos da retroalimentação com dados da situação atual de segurança a respeito da gestão de saúde e segurança (SHAW e BLEWETT, 1995; REASON, 1997; NOHSC, 1999).

Em termos de exemplos de indicadores proativos, NOHSC (1999) sugere vários, tais como o número de auditorias de segurança conduzidas, a porcentagem de não conformidades identificadas e corrigidas em consequência de uma auditoria de segurança e a porcentagem de trabalhadores que receberam treinamento de Segurança e Saúde no Trabalho.

4.2.3 Indicadores de Resiliência

A gestão de resiliência visa estabelecer um ambiente de monitoração / controle pró-ativos na segurança das organizações. Dessa forma, os fatores que podem interferir na segurança devem ser constantemente acessados para evitar a ocorrência de incidentes/acidentes. A criação de indicadores preditivos (que propiciem uma visão antecipatória) é imprescindível para alcançar esses objetivos e evitar a identificação de problemas e a adoção de ações corretivas somente após a detecção de falhas produtivas (WREATHALL et al., 2006).

O desenvolvimento de indicadores deve ocorrer em etapas (níveis de abstração), onde os componentes são refinados seguidamente até conseguir aspectos passíveis de serem medidos de modo satisfatório (STOLKER; KARYDAS; ROUVROYE, 2008). O projeto de indicadores não é uma tarefa simples, pois envolve a consideração de vários aspectos como capturar, estruturar, avaliar, visualizar e analisar dados e tomar decisões acerca do evento que se deseja medir, além de possuir quantidade adequada de métricas, simplicidade de avaliação, cálculo e análise (EPRI, 2006; WREATHALL, 2006).

Ainda que as características dos sistemas precisem ser especificadas, Wreathall (2006) destaca as necessidades de compreensão do trabalho executado (e não como imaginado), além da percepção organizacional do seu desempenho em relação aos aspectos que lhe conferem segurança e dos recursos que estas possuem disponíveis para as suas ações.

Os indicadores devem refletir um conjunto de fatores organizacionais que influenciam a execução das atividades. Para a definição dos indicadores utilizam-se aportes da engenharia de resiliência (WREATHALL, 2006) e outros fatores que consideram as principais fraquezas latentes que emergem nas organizações: comunicação, instalações e equipamentos, atividades de grupos e interfaces de trabalho, condição de materiais, planejamento e agendamento,

políticas, procedimentos e documentação, papéis e responsabilidades, estrutura das tarefas, e treinamento e experiência.

5 INDUSTRIALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO

Recentes avanços em tecnologias de projeto e de informação, combinados com ênfase crescente na otimização das metodologias de construção visando otimizar custo, cronograma e questões de saúde e segurança, vêm indicando que o uso de pré-fabricação, pré-montagem e modularização têm se mostrado mais viáveis. Os principais fatores que influenciam a tomada de decisão sobre a utilização da industrialização da construção têm também se ampliado e modificado, incluindo novas tecnologias e um ambiente de mudança na construção. Além disso, dentre os problemas relacionados a questões de segurança na implantação de projetos de capital, pode-se destacar:

- Elevado contingente de mão-de-obra;
- Prazos insuficientes levando a altas jornadas de trabalho;
- Condições inseguras de trabalho;
- Baixa qualificação das empresas e da mão de obra;
- Várias movimentações de materiais e equipamentos no canteiro;
- Interferência nas áreas operacionais;
- Quantidade elevada de frentes de trabalho.

Em contrapartida, dentre os benefícios potenciais da aplicação das estratégias de industrialização da construção para minimizar os riscos à segurança durante as etapas de implantação de projetos, cabe citar:

- Redução da mão-de-obra no canteiro (racionalização/mecanização);
- Redução de movimentações de materiais e equipamentos no canteiro de obras;
- Menor interferência nas áreas operacionais;
- Possível redução de incidentes e acidentes (através da menor exposição e ambiente com melhores condições de segurança);
- Eliminação de etapas de obra (acabamentos, montagens, instalações, etc.).

A implementação bem sucedida da industrialização da construção requer uma análise sistemática e processo de decisão para avaliar os potenciais benefícios e barreiras para a utilização desses métodos em projetos.

A equipe de investigação do Instituto da Indústria da Construção (Construction Industry Institute – CII), em continuidade a esforços anteriores de pesquisa, identificou o “estado da arte” das práticas de industrialização da construção e desenvolveu critérios de decisão para

ajudar as equipes de projeto, ao considerar possível a utilização da industrialização da construção em seus projetos (HAAS; FAGERLUND, 2002).

No desenvolvimento da estrutura de decisão, a equipe de pesquisa deu foco à identificação dos requisitos para o uso efetivo da industrialização da construção em projetos industriais. A pesquisa preliminar apresentada neste relatório continuou, ainda, a estruturar o trabalho e desenvolvê-lo em uma ferramenta informatizada. Industrialização da construção não deve ser aplicada a qualquer projeto, mas pode trazer grandes melhorias de desempenho para os que mais se adequam a esta metodologia. A indústria da construção civil pode aplicar a experiência de muitos especialistas para a industrialização de seus projetos e perceber os benefícios do uso da industrialização da construção.

Pré-fabricação, pré-montagem e modularização são estratégias que têm o potencial de: (1) reduzir significativamente a duração do projeto, (2) melhorar a produtividade, (3) reduzir as necessidades de trabalho e custos, e (4) ter um impacto positivo sobre a cadeia de problemas de suprimentos. Coletivamente conhecidos como industrialização da construção, cada um é mais ou menos aplicável em condições específicas. Industrialização da Construção foi desenvolvida pelo CII como uma força-tarefa de construtibilidade para oferecer uma oportunidade substancial para melhorar o desempenho do projeto e superar desafios externos e internos de projeto, como local adverso e condições locais, a falta de mão de obra qualificada e cronograma exigente, entre outros (TATUM et. al., 1987). Em um estudo do Centro de Estudos da Indústria da Construção da Universidade do Texas, estimou-se que a utilização de pré-fabricação de pré-montagem aumentou cerca de 90% ao longo dos últimos quinze anos (EICKMANN, 1999). O estudo foi baseado em um extenso levantamento de mais de 27 profissionais da construção.

Influências recentes da tecnologia da informação incluem avanços na gestão da cadeia de suprimentos. As aplicações industriais mais comuns incluem conjuntos estruturais, tubulações, cablagens e módulos pré-moldados de concreto. Embora esta seja uma ideia ambiciosa, agora é tecnicamente viável. A capacidade e uso benéfico da tecnologia da informação em projetos de construção estão avançando rapidamente. Essa capacidade de desenvolver modelos CAD que incluem o conhecimento necessário para o uso da industrialização da construção junto com a engenharia, aquisição e construção de informação sobre todos os componentes de uma planta é uma grande vantagem para o uso potencial de modularização e pré-montagem. Por sua natureza, a industrialização da construção contém mais interfaces físicas e organizacionais, proporcionando oportunidades de melhoria através

da automação possível com CAD e outras tecnologias de informação (HAAS; FAGERLUND, 2002).

Mudanças no clima atual da indústria da construção também se alinham bem com os conceitos da industrialização da construção, justificando ainda mais os atuais cenários que refletem essas mudanças. A atual escassez de mão de obra adequada e habilidades podem potencialmente ser gerenciadas, até certo ponto, pela industrialização da construção. Ênfase crescente nos custos, segurança e controle do cronograma dos projetos também podem ser potencialmente gerenciadas pela industrialização da construção.

Adequada tomada de decisão em relação à industrialização da construção exige a inclusão dessas tecnologias, bem como os respectivos impactos dos fatores que influenciam a condução ou impedimento da execução do projeto. Enquanto algumas empresas têm utilizado com sucesso métodos de industrialização da construção, a cultura global da indústria ainda não reconheceu totalmente o potencial para melhorias do projeto. Começando com um conjunto de estruturas de decisão abrangentes, desenvolvidas através da análise dos métodos já utilizados, a difusão de uma ferramenta através do consórcio de construtores do CII, projetistas e empreiteiros, pode fornecer os subsídios que a indústria precisa para estabelecer a industrialização da construção como uma boa prática. As principais áreas de industrialização da construção incluem tubulação, montagens estruturais e equipamentos (HAAS; FAGERLUND, 2002).

5.1 Ferramenta Computacional para Avaliação da Viabilidade de Aplicação do Processo de Industrialização da Construção

Situações oportunas e investigações preliminares também caracterizaram sucesso na tomada de decisão quanto à industrialização da construção. A decisão de adotar industrialização da construção deve ser feita no início do planejamento do projeto. Uma das desvantagens é o fato de que o escopo do projeto deve ser bem definido. A decisão da industrialização da construção pode ser mais apropriada quando feita o mais próximo possível do início do projeto.

A investigação preliminar envolve análises qualitativas e/ou quantitativas mais criteriosas e uso de novos métodos.

Como resultado da visão adquirida a partir do estudo CII no final da década de 1980, uma ferramenta de software para modularização de tomada de decisão chamado MODEX foi desenvolvida. O software, também conhecido como *Modularization Expert*, foi criado para permitir que as equipes de projeto avaliassem a viabilidade da utilização de industrialização da construção em projetos industriais (HAAS; FAGERLUND, 2002).

Incorporando fatores importantes identificados pela equipe de pesquisa em sua arquitetura de sistema, o software forneceu três níveis de análise de viabilidade para o usuário. Estes incluíram triagem, viabilidade e análise econômica. O processo de triagem inicial é uma rápida avaliação, exigindo o mínimo de informação para determinar o potencial geral para modularização. Se o projeto possui determinado potencial, o programa prossegue com o estudo detalhado de viabilidade e análise econômica. Atributos do projeto para esta seção incluem a localização da planta, fatores ambientais, a organização, as características das plantas, o risco do projeto e condições de trabalho (CII, 1992).

Posteriormente, estudos avaliaram a utilização de MODEX através de testes com dados do projeto. A escolha de desenvolver o software como um sistema especialista foi considerada adequada, dada a facilidade de uso de sistemas especialistas, a capacidade de lidar com a incerteza e adequação do sistema para problemas do mundo real (MURTAZA et al., 1993). Também trabalhos posteriores identificaram MODEX como uma das melhores práticas no processo de decisão para industrialização da construção industrial (MULVA, 1996).

Outros softwares também foram produzidos utilizando os dados coletados pela força-tarefa CII. Além do sistema especialista MODEX, algumas pesquisas foram realizadas sobre o uso de redes neurais e tecnologia multimídia, para auxiliar no processo decisório. Um programa usou uma rede neural multicamada de auto-organização, juntamente com os dados da pesquisa CII para determinar o nível de modularização para ser usado em um projeto. O sistema foi definido para ser 80% preciso quando testado com dados de dez projetos. Os resultados iniciais concluíram que as redes neurais podem produzir a precisão necessária para tomada de decisão (MURTAZA, 1994).

Outro sistema incorporou a tecnologia de multimídia com os dados do projeto da força-tarefa CII. O Sistema de Suporte Multimídia à Decisão (Maintenance Decision Support System - MDSS) adota os dados do projeto combinados com o sistema MODEX. O sistema consiste em quatro módulos. Um módulo inclui critérios para tomada de decisão e fatores de ponderação. O segundo módulo contém o banco de dados de informações sobre o projeto para o caso em questão. O terceiro módulo inclui uma base de dados gráfica, com fotografias e imagens sobre as informações do projeto, tais como as condições do local e roteamento de

transporte. O quarto módulo usa um grupo de algoritmo de decisão para determinar uma solução (VANEGAS; HASTAK, 1995).

Deemer (1996) identificou os fatores da Tabela 5, quando se considera o uso de modularização.

Tabela 4 - Parâmetros de projeto para viabilidade de modularização

• Custo global	• Projeto detalhado
• Cronograma	• Contratos
• Segurança	• Fabricação
• Operacionalidade e Manutenção	• Transporte
• Qualidade	• Construção
• Impacto sobre o ambiente local	• Sigilo
• Condições de Negociação	

Fonte: Deemer, 1996

A partir desses projetos, pesquisadores acadêmicos e profissionais da indústria têm sido capazes de identificar os direcionadores, benefícios e impedimentos na utilização de industrialização da construção. Todos estes aspectos afetam o processo decisório e apresentam impacto para a adequada determinação do âmbito de industrialização da construção. Custo, cronograma, qualidade, segurança e transporte são fatores que devem ser considerados na industrialização da construção (HAAS; FAGERLUND, 2002).

5.1.1 Custo

A economia de custos consiste principalmente nas diferenças entre o custo do trabalho de campo em comparação com os ganhos de produtividade de uma oficina de fabricação, mesmo considerando os custos de suporte necessários para atividades executadas fora do local da construção. Um estudo do CII de obras industriais constatou que, em alguns casos, a estimativa de redução de custos foi de 10% para o custo global do projeto e 25% para custos

no local de trabalho (TATUM et al., 1987). As reduções de custos foram atribuídas à redução do custo do trabalho externo. A produtividade da oficina de fabricação é frequentemente melhor do que o campo por causa de condições controladas, supervisão mais próxima e acesso mais fácil às ferramentas e equipamentos.

5.1.2 Cronograma

Cronograma muitas vezes impulsiona o uso de muitas formas de industrialização da construção. Aumento de produtividade e atividade não sequenciadas são formas típicas de melhorar cronograma com industrialização da construção. Ganhos em relação à programação são possíveis através do deslocamento de trabalho para locais fora do local de maior produtividade. Um estudo na área de construção de edifício estimou uma redução no trabalho no local de 40-50%, juntamente com cronogramas reduzidos devido a caminhos críticos mais curtos (WARSAZAWSKI, 1990).

5.1.3 Qualidade

Industrialização da construção pode ser movida por requisitos de qualidade. Fabricar componentes fora do local de execução dos projetos permite também um controle de qualidade superior, devido às condições de fabricação controladas, nas quais os componentes são construídos. Estruturas metálicas que foram montadas no local estavam sujeitas às condições climáticas e tomaram espaço para a montagem. *Estruturas* pré-fabricadas podem ser montadas em uma oficina de fabricação sob condições controladas e depois enviados para o *site* do projeto. A qualidade aumenta devido às condições controladas sob cuja construção é realizada.

5.1.4 Segurança

Com a industrialização da construção, os trabalhadores enfrentam uma menor exposição e as empresas têm mais oportunidades para diminuir os riscos relacionados à segurança no trabalho. A industrialização da construção pode reduzir o tempo de exposição a trabalhos em altura, operações perigosas e atividades de construção sobrepostas. Trabalhadores dentro de uma oficina de fabricação não são afetados pela temperatura, ventos, chuvas ou condições climáticas extremas. Uma vez que grande parte da industrialização da construção é feita ao nível do solo, o uso de cintos de segurança pelos trabalhadores são menos necessários e pode-se concentrar mais no trabalho. Menos trabalhadores no local também se traduz em redução do congestionamento de atividades e da exposição a operações em curso.

5.1.5 Transporte

A logística de transporte desempenha um grande papel na determinação da viabilidade de industrialização da construção. Limitações de tamanho e peso, restrições de rotas e de licenciamento e disponibilidade de guindastes estão entre as considerações a serem feitas para a coordenação da construção. Rodovias, ferrovias e transporte aquático também apresentam limitações. A disponibilidade destes métodos pode ditar o tipo de industrialização da construção selecionada. O acesso aquaviário pode permitir que grandes unidades modulares sejam transportadas, enquanto o acesso limitado a estradas pode restringir a industrialização da construção para estruturas menores ou componentes pré-fabricados. Como há tendências no sentido da indústria para uma maior utilização de industrialização da construção, necessidades de planejamento relacionadas a cargas de grande porte também irão aumentar (HORNADAY, 1992).

5.2 Desenvolvimento da Ferramenta Informatizada

Foi realizada pesquisa pelo CII para desenvolver uma ferramenta informatizada para uso por diversos profissionais da indústria da construção para auxiliar na avaliação da viabilidade de PPMOF – Prefabrication, Preassembly, Modularization, and Off-Site Fabrication (pré-fabricação, pré-montagem, modularização e fabricação fora do local) – em um projeto industrial (HAAS; FAGERLUND, 2002). As conclusões estão resumidas abaixo:

- Decisões sobre a aplicação do PPMOF são de natureza subjetiva, que geralmente são feitas no início de planejamento do anteprojeto. Elas são muitas vezes baseadas em experiência interna difícil de captar sob a forma de regras ou padrões. A investigação preliminar mostrou que as decisões relacionadas à modularização e pré-montagem complexas são tipicamente baseadas na avaliação de especialistas sobre grandes fatores em nível de planejamento estratégico, enquanto que outros níveis de PPMOF são decididos com base em considerações da unidade de custo posteriormente no nível tático.
- É necessário o desenvolvimento de uma ferramenta informatizada para facilitar a avaliação da aplicabilidade do PPMOF a nível estratégico, como parte do processo de tomada de decisão global de PPMOF. O processo de tomada de decisão global envolve um espectro de potenciais escolhas de implementação em vez de uma decisão "tudo ou nada".
- O desenvolvimento da ferramenta proposta foi propício para atender ao paradigma de tomada de decisão atual da indústria ao avaliar a viabilidade de PPMOF.
- O *beta* teste da ferramenta-protótipo foi desenvolvido através de um processo iterativo para validar a sua utilidade, facilidade de uso e eficácia no processo decisório para PPMOF. Usuários potenciais na indústria descobriram que a ferramenta poderia trazer todos os fatores associados com a decisão sobre PPMOF para a avaliação.
- Mais pesquisas devem ser realizadas para avaliar a eficácia da ferramenta. A avaliação deve estar preocupada com o valor agregado para facilitar e melhorar o processo de tomada de decisão e a comunicação interpessoal, ao invés de basear-se nos benefícios monetários gerados pela ferramenta. Os resultados dessa avaliação podem, então, ser retro-alimentados para o processo de desenvolvimento.
- A "verificação" técnica da ferramenta desenvolvida também deve ser conduzida para determinar a sua precisão, integridade funcional e consistência lógica, quando uma quantidade significativa de dados se torna disponível. Os dados a serem coletados devem incluir pesos das categorias dos fatores ou porcentagens dos pesos dos fatores, a pontuação final, o nível de

definição do projeto no momento da tomada de decisões do PPMOF e medidas de desempenho do projeto.

- A estrutura de decisão e a ferramenta devem ser adaptadas para outras áreas da indústria da construção (por exemplo, construção civil) que podem se beneficiar do uso de PPMOF. O processo de desenvolvimento de tal ferramenta pode merecer uma metodologia semelhante à adotada na pesquisa.
- A análise de nível tático do quadro de tomada de decisão deve ser desenvolvida e, em seguida, convertida em uma ferramenta de software para ajudar a: (1) desenvolver opções específicas aplicáveis às decisões PPMOF de execução, (2) determinar custo, cronograma e o impacto do trabalho, e (3) avaliar o risco associado a cada opção.
- Um módulo educacional para auxiliar a indústria na implementação do PPMOF deve ser desenvolvido e incorporado a outros módulos relevantes, tais como construtibilidade do projeto e planejamento do anteprojeto.

6 ANÁLISE DE RISCOS EM UMA EMPRESA DE MINERAÇÃO

Apresenta-se, a seguir, as técnicas de análise de riscos estabelecidas em procedimentos internos da empresa de mineração para aplicação ao longo do ciclo de vida do empreendimento.

Ao longo do ciclo de vida das instalações, os riscos existentes são diferentes e, portanto, exigem a adoção de diferentes técnicas e critérios para sua avaliação.

O ciclo de vida tem início com a análise do investimento de uma nova instalação ou a aquisição de uma já existente, e é concluído com a sua desmontagem e destinação final dos seus resíduos e equipamentos ou alienação.

Para as análises de risco foi definido critério de aceitabilidade baseado na matriz de risco, apresentada na Figura 5, que combina categorias de severidade e frequência, indicadas nas Tabelas 6 e 7.

De acordo com a metodologia estabelecida, cada cenário de acidente identificado é classificado de acordo com a sua categoria de frequência e de severidade, que fornecem uma indicação qualitativa da frequência esperada de ocorrência e do grau de severidade das consequências de cada um dos cenários identificados.

Cada categoria de frequência apresenta um peso associado, conforme apresentado na Tabela 6. Este peso, multiplicado pelo peso relacionado à categoria de severidade (Tabela 7), permite escalonar os níveis de risco obtidos na Matriz de Riscos, como definido na Figura 5. Conforme os resultados da análise de risco devem ser indicadas recomendações, responsáveis e prazo de conclusão, de acordo com o critério de decisão (Tabela 8).

As recomendações sugeridas, em conjunto e em comum acordo, deverão ser medidas capazes de diminuir a probabilidade de ocorrência dos eventos acidentais e/ou a magnitude de suas consequências. Tais medidas poderão abranger alterações de projeto de instalações, de procedimentos de operação, segurança, inspeção, manutenção e revisão dos planos de emergências locais das unidades operacionais etc., considerando-se o seguinte:

- Seguir a hierarquia de controle;
- Deverão ser específicas para as instalações e baseadas nas conclusões do estudo;
- Não citar medidas habitualmente adotadas, que já estejam incorporadas às instalações através de suas normas, rotinas e procedimentos de operação e manutenção usuais.
- As recomendações deverão ser relacionadas considerando-se os cenários de acidentes por ordem de prioridade. Sugere-se que estas medidas sejam apresentadas em forma matricial.

Tabela 5 – Categorias de Frequência para ART, APR e HAZOP

Categoria (Pesos)	Descrição
REMOTA (2)	Ocorrência não esperada ao longo da vida útil da instalação ($X < 1/100$ ANOS).
POUCO PROVÁVEL (3)	01 (uma) ocorrência ao longo da vida útil da instalação ($1/10$ ANOS $> X > 1/100$ ANOS).
OCASIONAL (5)	No máximo 01 (uma) ocorrência a cada de dez anos de operação ($1/ANO > X > 1/10$ ANOS).
PROVÁVEL (8)	01 (uma) ocorrência ao longo de um ano de operação ($1/ANO$).
FREQÜENTE (13)	Mais de uma ocorrência ao longo de um ano de operação ($X > 1/ANO$).

Fonte: Material Interno, 2008

Tabela 6 – Categorias de Severidade

Categoria (pesos)	Saúde Ocupacional	Segurança	Meio Ambiente
LEVE (2)	Desconfortos sem transtornos à saúde	Acidentes que demandam somente primeiros socorros.	Impacto ambiental não significativo.
MODERADA (4)	Doenças ocupacionais sem afastamento (com restrição, com tratamento médico).	Acidentes sem afastamento (com restrição, com tratamento médico).	Dano ambiental restrito à área do empreendimento, afetando ecossistemas comuns.
GRAVE (8)	Doenças ocupacionais com afastamento.	Acidentes com afastamento.	Dano ambiental restrito à área do empreendimento, afetando ecossistemas comuns que abrigam espécies raras e/ou ameaçadas ou afetando ecossistemas raros e/ou ameaçados.

Tabela 6 – Categorias de Severidade (continuação)

Categoria (pesos)	Saúde Ocupacional	Segurança	Meio Ambiente
CRÍTICA (16)	Doenças ocupacionais incapacitantes permanentes ou que gerem 01 (uma) fatalidade.	Acidentes incapacitantes permanentes ou 01 (uma) fatalidade.	Dano ambiental que alcança áreas externas à instalação, afetando ecossistemas comuns.
CATASTRÓFICA (32)	Doenças ocupacionais que gerem mais de 01 (uma) fatalidade decorrente de situação aguda ou crônica.	Acidente resultando em mais de 01 (uma) fatalidade	Dano ambiental que alcança áreas externas à instalação, afetando ecossistemas comuns que abrigam espécies raras e/ou ameaçadas ou afetando ecossistemas raros e/ou ameaçados.

Fonte: Material Interno, 2008

MATRIZ DE RISCOS		FREQUENCIA					
		PESOS	2	3	5	8	13
SEVERIDADE			REMOTA	POUCO PROVÁVEL	OCASIONAL	PROVÁVEL	FREQUENTE
	32	CATASTRÓFICA	64	96	160	256	416
	16	CRÍTICA	32	48	80	128	208
	8	GRAVE	16	24	40	64	104
	4	MODERADA	8	12	20	32	52
	2	LEVE	4	6	10	16	26

Nível de Risco
MUITO ALTO (> 160)
ALTO (80 a 128)
MÉDIO (26 a 64)
BAIXO (10 a 24)
MUITO BAIXO (4 a 8)

Figura 5 – Matriz de Riscos

Fonte: Material Interno, 2008

Tabela 7– Critérios de Decisão

Categoria de Risco	Região da Matriz	Descrição	Critérios para implementação das Recomendações/Sugestões
Muito Alto	Vermelha	Riscos nesta categoria devem ser eliminados. As Recomendações são consideradas obrigatórias e de responsabilidade do diretor da área de negócio ou do empreendimento.	Implementação imediata.
Alto	Laranja	Riscos nesta categoria devem ser minimizados. As Recomendações são consideradas obrigatórias e de responsabilidade da gerência geral da área de negócio ou empreendimento.	Implementação com prazo máximo de 1 (um) ano.
Médio	Amarela	Pode-se conviver com cenários neste nível de risco, mas este deve ser reduzido em longo prazo. As Recomendações são consideradas obrigatórias e de responsabilidade da gerência da área.	Implementação com prazo máximo de 3 (três) anos.
Baixo	Verde Claro	Cenários com nível de risco considerado tolerável, mas que pode ser reduzido em caso de medidas com baixo investimento. As Sugestões não são consideradas obrigatórias . A avaliação da implementação é de responsabilidade da gerência da área.	Implementação caso o custo seja baixo com baixo esforço.
Muito Baixo	Verde Escuro	Cenários com nível de risco tolerável e não há necessidade de medidas para redução . A avaliação da implementação é de responsabilidade da gerência da área.	Não há obrigatoriedade, independente do custo.

Fonte: Material Interno, 2008

Todos os cenários classificados como *risco médio*, *alto* e *muito alto* deverão ter sua classificação de frequência e severidade reavaliada, considerando que as recomendações propostas serão implementadas.

Em função da significância dos cenários, devem-se negociar as soluções e prazos com as áreas envolvidas e estabelecer um Plano de Gestão, devendo ser priorizadas as ações conforme critério de decisão.

O Responsável Técnico por Análise e Gerenciamento de Riscos de Saúde e Segurança e de Meio Ambiente deverá validar junto às gerências os nomes dos responsáveis para a realização das recomendações e sugestões que foram indicadas pela equipe de análise de riscos.

A unidade operacional deve definir a sistemática para acompanhamento das recomendações e sugestões oriundas das análises. As recomendações e sugestões devem ser acompanhadas a cada mudança de fase do projeto e mensalmente para unidades em operação.

6.1 Análise Preliminar de Riscos em uma empresa de mineração

A Análise Preliminar de Riscos (APR) é a técnica básica de análise para avaliação dos riscos de processo e operação de equipamentos. O critério de aceitabilidade de riscos definido para a APR determinará a necessidade de ações preventivas ou mitigadoras dos cenários identificados. A metodologia de APR compreende a execução das seguintes tarefas:

- Definição das fronteiras das instalações analisadas;
- Coleta de informações sobre as instalações, a região e as características das substâncias perigosas envolvidas;
- Definição dos módulos de análise;
- Realização da APR propriamente dita (preenchimento da planilha para cada módulo de análise);
- Elaboração das estatísticas dos cenários por categorias de frequência e de severidade e da lista de sugestões geradas no estudo;
- Análise dos resultados e preparação do relatório.

O escopo da APR abrange todas as situações de risco cujas causas tenham origem nas instalações analisadas, englobando tanto as falhas intrínsecas de componentes ou sistemas, como falhas humanas, principalmente aquelas decorrentes de falhas nos procedimentos ou na execução deles. Deverão ser consideradas unidades de processo, estocagem, dutos, terminais, subestações, utilidades, entre outras instalações que possam representar risco à segurança das pessoas e instalações e ao meio ambiente. Ficam excluídas da análise as situações de risco causadas por agentes externos, tais como: quedas de aviões, de helicópteros ou de meteoritos, terremotos e inundações (excetuando-se barragens). Tais eventos externos foram excluídos por serem as suas frequências de ocorrência consideradas extremamente remotas.

A realização da análise propriamente dita é feita através do preenchimento de uma planilha com as informações necessárias à avaliação de riscos para cada módulo de análise. Para a realização da APR é utilizada a planilha apresentada na Figura 6. O cabeçalho desta planilha identifica a instalação (unidade de análise) e subsistema (macroprocesso / processo) que estão sendo analisados e o módulo escolhido.

Esta planilha contém 13 colunas, as quais são preenchidas conforme a descrição apresentada a seguir:

1ª coluna: SITUAÇÃO DE RISCO

Esta coluna contém as situações de risco identificadas para o módulo de análise em estudo. De uma forma geral, as situações de risco são eventos que têm potencial para causar danos às instalações e/ou equipamentos, aos operadores / público e ao meio ambiente. As situações de risco que deverão ser consideradas nas análises variam em função do tipo de instalação, operação ou equipamento analisado.

2ª coluna: CAUSAS

As causas genéricas de cada situação de risco são discriminadas nesta coluna. Estas causas envolvem tanto falhas intrínsecas de equipamentos (falhas mecânicas, falhas de instrumentação, vazamentos e outras) como erros humanos de operação e manutenção. Estas causas são avaliadas separadamente para cada condição operacional de interesse (operação normal, partida, parada, ou outra condição de interesse). Cada condição operacional avaliada dará origem a um conjunto específico de cenários.

3ª coluna: BARREIRAS DE PROTEÇÃO

Nesta coluna serão identificadas as barreiras de proteção existentes no sistema, relacionadas tanto com as causas identificadas como com os efeitos relatados, que possam significar redução na frequência e severidade dos cenários em análise. São exemplos de proteções: a existência de procedimentos de operação, sistemas de segurança, sistemas de detecção de gás e chama, entre outras.

4ª coluna: TIPOS DE EFEITO

Os possíveis tipos de efeito relacionados a cada situação de risco identificada são listados nesta coluna, sendo divididos em:

- Efeitos para a Saúde e Segurança (decorrentes de exposições de pessoas a doses agudas de fluxo térmico, produtos tóxicos, níveis elevados de sobrepressão gerada por explosões, quedas, choques mecânicos ou elétricos etc).
- Efeitos para o Meio Ambiente (decorrentes de eventos que acarretem alterações (impacto/dano) aos meios físicos (água, ar e solo) e/ou bióticos (fauna e flora)).
- Impactos à Reputação (decorrentes de eventos que tenham repercussão na imprensa, capazes de comprometer a imagem da companhia).
- Impactos Operacionais (decorrentes de eventos com perdas materiais e perdas de produção).
- Impactos Sociais (decorrentes de eventos com impacto na comunidade e/ou região).

5ª coluna: EFEITO

Os tipos de efeito identificados na coluna anterior deverão ser descritos nesta coluna, sendo indicado a que efeito estão relacionados.

A caracterização dos danos pessoais e ambientais e o valor do efeito esperado para as instalações e produção serão considerados nos critérios de classificação da severidade atribuída aos cenários de acidente envolvendo perdas financeiras.

Em todos os casos analisados será avaliada a possibilidade de ocorrência combinada de dois ou mais efeitos, além da possibilidade de desdobramento em outros acidentes.

6ª coluna: CATEGORIA DE FREQUÊNCIA

Em uma APR, um cenário de acidente é definido como o conjunto formado pelo desvio identificado, suas possíveis causas e cada um dos seus subefeitos. De acordo com a metodologia adotada neste trabalho, cada cenário de acidente identificado é classificado de acordo com a sua categoria de frequência, a qual fornece uma indicação qualitativa da frequência esperada de ocorrência. Cada categoria de frequência tem um peso associado, conforme apresentado na Instrução de Análise e Gerenciamento de Riscos.

7ª coluna: CATEGORIA DE SEVERIDADE

Os cenários de acidente são classificados em categorias de severidade, as quais fornecem uma indicação qualitativa do grau de severidade das consequências de cada um dos cenários identificados. Cada categoria de severidade possui um peso associado.

8ª coluna: CATEGORIA DE RISCO

Combinando-se as categorias de frequência com as de severidade, obtém-se a Matriz de Riscos. Ao todo são 5 categorias de risco, representadas pelas diferentes regiões na matriz, variando de risco muito baixo até risco muito alto. Dentro de cada categoria existem níveis de risco, com valores numéricos associados, que variam de um valor menor para um maior, escalonando os riscos dentro de cada categoria.

9ª coluna: RECOMENDAÇÕES E SUGESTÕES

Esta coluna contém as recomendações e sugestões de medidas mitigadoras de risco propostas pela equipe do estudo.

10ª, 11ª e 12ª colunas: NOVA FREQUÊNCIA, NOVA SEVERIDADE E NOVO RISCO.

Nestas três colunas, a frequência, severidade e risco serão reavaliados, considerando a implementação das recomendações propostas, para aqueles cenários de acidente classificados com risco *muito alto*, *alto* e *médio*. Após a reclassificação do Risco, serão tomadas decisões com relação à necessidade de novas análises, seguindo a mesma matriz utilizada anteriormente.

13ª coluna: IDENTIFICADOR DO CENÁRIO DE ACIDENTE

Esta coluna contém um número de identificação do cenário de acidente, sendo preenchida sequencialmente para facilitar a consulta a qualquer cenário de interesse.

Análise Preliminar de Riscos - APR												
Empresa:										Data:		
Unidade de Análise:				Macro Processo/Referências:								
Equipe: (Nome/Área)												
Situação de Risco	Causa	Barreiras de Proteção	Tipo de Efeito	Efeito	Freq	Sev	Risco	Recomendações / Sugestões	Nova Freq	Nova Sev	Novo Risco	Cenário de Risco

Figura 6 – Planilha de APR
Fonte: Material Interno, 2010

6.2 HAZOP em uma empresa de mineração

A técnica denominada Análise de Perigos e Operabilidade (Hazard and Operability Study – HAZOP) visa identificar os perigos e os problemas de operabilidade de uma instalação de processo. Essa metodologia é baseada em um procedimento que gera perguntas de maneira estruturada e sistemática, através do uso apropriado de um conjunto de palavras-guia.

O principal objetivo de um HAZOP é investigar de forma minuciosa e metódica cada segmento de um processo, visando descobrir todos os possíveis desvios das condições normais de operação, identificando as causas responsáveis por tais desvios e as respectivas consequências. Uma vez verificadas as causas e as consequências de cada tipo de desvio, a metodologia procura propor medidas para eliminar ou controlar o perigo ou para sanar o problema de operabilidade da instalação.

A realização da análise é feita através do preenchimento de uma planilha com as informações necessárias à avaliação de riscos para cada módulo de análise.

O HAZOP consiste na revisão dos documentos de engenharia da instalação através de reuniões, durante as quais um grupo de trabalho especializado, representado por uma equipe multidisciplinar, realiza uma análise de hipóteses sobre o projeto da instalação em busca de riscos, seguindo uma estrutura preestabelecida. Para minimizar a possibilidade de que algo não seja incluído, o responsável técnico pela análise orienta o grupo de maneira sistemática sobre os fluxogramas de engenharia, fluxogramas de processo, diagramas elétricos unifilares e/ou arranjos mecânicos do projeto. Para cada nó analisado, é aplicada uma série de palavras-guia, identificando os desvios possíveis de ocorrência nos parâmetros do processo ou da operação projetada (ausência de fluxo, temperatura acima da faixa admissível, chave não acionada, etc.), suas possíveis causas e as consequências prováveis na ocorrência dos desvios. A Tabela 9 apresenta os tipos de Estudos de Perigos e Operabilidade (HAZOP) aplicados nos diversos setores industriais, com ênfase na documentação necessária para a realização do estudo e aplicação da metodologia por tipo de instalação.

Tabela 8 – Tipos de Análise de Segurança e Operabilidade das Operações

Análise	Documentos para análise	Aplicação por tipo de instalação
HAZOP de Processos Contínuos	<ul style="list-style-type: none"> - caracterização do empreendimento - fluxogramas de engenharia - fluxogramas de processo - layout das instalações - isométricos - especificação das utilidades - memorial descritivo do processo - folha de dados dos equipamentos e tubulação - folha de dados dos instrumentos e válvulas de controle / <i>setpoints</i> dos instrumentos - descrição dos principais sistemas de proteção e segurança - registro de incidentes e acidentes - planos de inspeção - registros de manutenção - registros de mudanças nos sistemas/ equipamentos - procedimentos operacionais 	<p>Plantas de processamento mineral⁽¹⁾</p> <p>Plantas de processamento metalúrgico</p> <p>Usinas de geração de energia elétrica⁽²⁾</p>

Tabela 8 – Tipos de Análise de Segurança e Operabilidade das Operações (continuação)

Análise	Documentos para análise	Aplicação por tipo de instalação
HAZOP – Extensão para processos em lotes (bateladas), com operações manuais	Além dos citados acima: - arranjos mecânicos e/ou projeto geométrico, fluxogramas e procedimentos operacionais	Operações de Lavra Movimentações em pátios ou piers Terminais de carga / descarga Abastecimentos Oficinas Ferrovias e estradas
HAZOP – Extensão para instalações elétricas	Diagramas elétricos unifilares	Todos os anteriores, subestações e linhas de distribuição

Fonte: Material Interno, 2010

⁽¹⁾ Plantas de processamento mineral compreendem todos os processos de beneficiamento e blendagem/dosagem, independente da área onde ocorram. Por exemplo, um projeto que envolve britagem e peneiramento na mina e dosagem no porto deve ser analisado como um só processo. Pelotização também está contemplada nesta categoria.

⁽²⁾ UTEs ou UHEs, plantas de geração ou cogeração.

Para a realização do HAZOP deve ser utilizada a planilha apresentada na Figura 7. O cabeçalho desta planilha identifica a instalação e subsistema que estão sendo analisados e o nó escolhido. Esta planilha contém 13 colunas, as quais são preenchidas conforme a descrição apresentada a seguir.

- 1ª coluna: DESVIO

Em um HAZOP de processo, esta coluna contém os desvios identificados como passíveis de ocorrer para cada nó em análise. Estes desvios são formados por palavras-guias, como maior, menor e nenhum, associadas com os principais parâmetros monitorados durante a operação normal do sistema, como: fluxo, pressão, temperatura e presença de contaminantes. Desta forma, exemplos dos desvios a serem estudados são:

- VAZÃO: Vazão maior; vazão menor; nenhuma vazão; fluxo reverso.
- PRESSÃO: Maior pressão; menor pressão.
- TEMPERATURA: Temperatura alta; temperatura baixa.
- NÍVEL: Mais nível; menos nível.
- COMPOSIÇÃO: Composição Mais (Contaminação ou aumento de presença de um componente na mistura também); Composição Menos (ausência ou redução da presença de um componente na mistura – parte de); Composição outro que (substituição por outra substância).

- 2ª coluna: CAUSAS

As causas de cada desvio são discriminadas nesta coluna. Estas causas envolvem tanto falhas intrínsecas de equipamentos (vazamentos, rupturas, falhas de instrumentação etc.) como erros humanos de operação e manutenção. Na determinação das causas serão consideradas as combinações de duas ou mais causas simultâneas que possam resultar no desvio de interesse.

- 3ª coluna: BARREIRAS DE PROTEÇÃO

Nesta coluna serão identificadas as barreiras de proteção existentes, que representem fatores atenuantes relacionados tanto com as causas identificadas como com os efeitos relatados, que possam significar uma redução na frequência e severidade dos cenários em análise. São exemplos de fatores atenuantes: a existência de procedimentos de operação, sistemas de proteção de equipamentos (alarmes, intertravamentos e bloqueios), sistemas de proteção como detectores de gás e chama, entre outros.

- 4ª coluna: TIPOS DE EFEITO

Os possíveis tipos de efeito relacionados a cada situação de risco identificada são listados nesta coluna, sendo divididos em:

- Efeitos para a Saúde e Segurança (decorrentes de exposições de pessoas a doses agudas de fluxo térmico, produtos tóxicos, níveis elevados de sobrepressão gerada por explosões, quedas, choques mecânicos ou elétricos, etc.).
- Efeitos para o Meio Ambiente (decorrentes de eventos que acarretem alterações (impacto/dano) aos meios físicos (água, ar e solo) e/ou bióticos (fauna e flora)).

- 5ª coluna: EFEITOS

Os tipos de efeito identificados na coluna anterior deverão ser descritos nesta coluna, sendo indicados a que efeitos estão relacionados, como por exemplo:

- Formação de Nuvem Tóxica
- Incêndio em poça (fenômeno que ocorre quando há a combustão do produto evaporado da camada de líquido inflamável junto à base do fogo)
- Bola de fogo
- Jato de fogo
- Explosão física
- Incêndio/Explosão em nuvem
- BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion - Explosão de Vapor Expandido de Líquido Fervente)
- Perda de produção
- Danos a equipamentos
- Alteração da qualidade da água
- Alteração da qualidade do ar
- Alteração no solo
- Impacto na fauna
- Impacto na flora

- 6ª coluna: SUBEFEITOS

Os tipos de subefeito identificados na coluna anterior deverão ser descritos nesta coluna, sendo indicado a que efeito estão relacionados.

A caracterização dos danos pessoais e ambientais e o valor do efeito esperado para as instalações e produção serão considerados nos critérios de classificação da severidade atribuída aos cenários de acidente, envolvendo perdas financeiras.

Em todos os casos analisados será avaliada a possibilidade de ocorrência combinada de dois ou mais efeitos, além da possibilidade de desdobramento em outros acidentes.

- 7ª coluna: CATEGORIA DE FREQUÊNCIA

Em um HAZOP, um cenário de acidente é definido como o conjunto formado pelo desvio identificado, suas possíveis causas e cada um dos seus subefeitos. De acordo com a metodologia adotada neste trabalho, cada cenário de acidente identificado é classificado de acordo com a sua categoria de frequência, a qual fornece uma indicação qualitativa da frequência esperada de ocorrência. Cada categoria de frequência tem um peso associado.

- 8ª coluna: CATEGORIA DE SEVERIDADE

Os cenários de acidente são classificados em categorias de severidade, as quais fornecem uma indicação qualitativa do grau de severidade das consequências de cada um dos cenários identificados. Cada categoria de severidade possui um peso associado.

- 9ª coluna: CATEGORIA DE RISCO

Combinando-se as categorias de frequência com as de severidade obtém-se a Matriz de Riscos. Ao todo são cinco (5) categorias de risco, representadas pelas diferentes regiões na matriz, variando de risco *muito baixo* até risco *muito alto* . Dentro de cada categoria existem níveis de risco, com valores numéricos associados, que variam de um valor menor para um maior, escalonando os riscos dentro de cada categoria.

- 10ª coluna: RECOMENDAÇÕES E SUGESTÕES

Esta coluna contém as recomendações e sugestões de medidas mitigadoras de risco propostas pela equipe do estudo. Nas situações em que as principais causas da ocorrência do cenário de acidente estiverem vinculadas à inadequação dos procedimentos operacionais ou de manutenção, serão recomendados e desenvolvidos HAZOP específicos para avaliação destes procedimentos.

- 11ª, 12ª e 13ª colunas: NOVA FREQUÊNCIA, NOVA SEVERIDADE E NOVO RISCO

Nestas três colunas, a frequência, severidade e risco serão reavaliados, considerando a implementação das recomendações propostas, para aqueles cenários de acidente classificados com risco *muito alto* , *alto* e *médio* . Após a reclassificação do risco, serão tomadas decisões com relação à necessidade de novas análises, seguindo a mesma matriz utilizada anteriormente.

- 14ª coluna: IDENTIFICADOR DO CENÁRIO DE ACIDENTE

A ferramenta auxilia a equipe do projeto na identificação dos pontos fortes e fracos relacionados à utilização de estratégias de industrialização na construção, sendo estas mais adequadas às condições e necessidades do projeto, através de uma análise qualitativa.

O momento mais indicado para ser aplicada a metodologia é no final de FEL 2 ou início de FEL 3, garantindo assim o nível de detalhamento do projeto e a antecedência para o planejamento da construção.

Através da utilização desta ferramenta, a equipe do projeto pode avaliar as melhores condições de implantação, particularizando ações decorrentes para cada área específica do projeto.

6.3.1 Características, Premissas e Requisitos do Projeto

Para o desenvolvimento de um *Trade-off* da Estratégia do Método Construtivo, torna-se necessário o levantamento das características, premissas e requisitos do projeto, tais como: projeto conceitual, processos, características gerais de infraestrutura, plano de suprimentos, aspectos legais e cronograma macro de implantação do empreendimento.

Desta forma, com a contextualização do empreendimento e a dimensão da solução, o processo decisório é facilitado.

Para execução do *Trade-off* da Estratégia do Método Construtivo é necessário dispor das seguintes informações:

- Projeto conceitual;
- Alternativa locacional (nível 2);
- Relatório da análise e gestão integrada de riscos da alternativa;
- Critérios de Projeto;
- Premissas e requisitos gerais do projeto;
- Plano de suprimentos preliminar;
- Itens de CapEx;
- Dados de infraestrutura do projeto e da região;
- Cronograma do projeto.

6.4 Aplicação da Ferramenta de Seleção da Estratégia do Método Construtivo

A seguir são apresentadas informações relacionadas com o uso da Ferramenta de Seleção da Estratégia do Método Construtivo.

Na tela inicial devem ser preenchidos os dados de identificação do projeto (nome do projeto, localização do projeto, líder do projeto, nome do avaliador e data), conforme figura 8.

**CII Strategic Decision Tool for PPMOF
(Prefabrication, Preassembly, Modularization, and Off-site Fabrication)**

This is the Welcome Page






Prefabrication
Preassembly
Modularization
Off-site Fabrication

Please fill out the following data for your evaluation.

Project Name: <input style="width: 95%;" type="text"/>	Name of Evaluator: <input style="width: 95%;" type="text"/>
Project Location: <input style="width: 95%;" type="text"/>	Data Date: <input style="width: 95%;" type="text"/>
Project Owner: <input style="width: 95%;" type="text"/>	Evaluation Date: novembro 10, 2011

Please click on "Strategic Decision Level II" to start your evaluation.

[Strategic Decision Level II](#)

Figura 8 – Tela Inicial
Fonte: Material Interno, 2011

Após o preenchimento dos dados de identificação do projeto, clique no botão “Strategic Decision Level II”, no canto inferior da caixa de diálogo. O propósito descrito é avaliar com mais detalhes dez categorias de fatores que podem ser utilizados na identificação dos pontos fortes e fracos para a utilização de estratégia de industrialização na construção, através de cinco passos básicos definidos na figura 9.

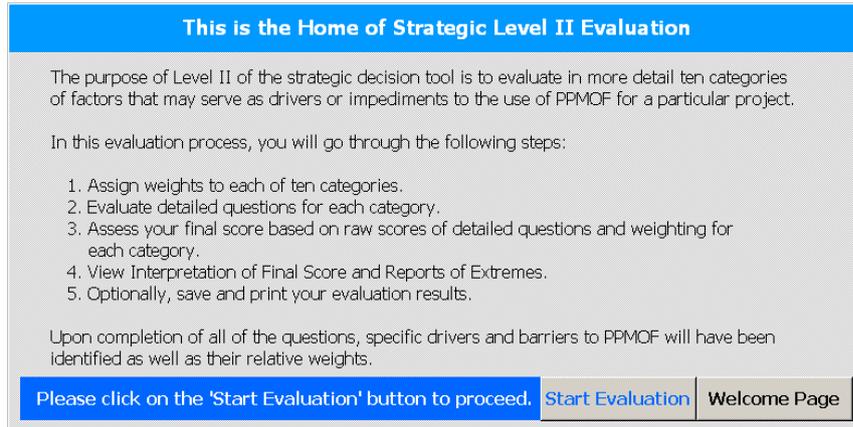


Figura 9 – Tela de Introdução
 Fonte: Material Interno, 2011

6.4.1 Fatores de Ponderação

Os fatores de ponderação são utilizados para definir a importância das categorias que serão analisadas. Prazo, custo, trabalho, segurança, atributos do site, sistema mecânico, tipo de projeto e contrato, projeto de engenharia, transporte e requisitos de elevação de cargas e capacidade de fornecedor são as dez categorias que serão consideradas em relação ao projeto a ser avaliado.

Para cada uma das 10 (dez) categorias mencionadas, as respectivas questões são avaliadas levando em conta a seguinte orientação:

“Em que medida as seguintes questões da Categoria “X” poderiam ser desejáveis para a construção convencional (valor negativo) ou desejáveis para PPMOF (valor positivo), para o projeto em consideração?”

As questões avaliadas em cada uma das categorias são apresentadas nas figuras 10 a 19.

1. Prazo		Em que medida as seguintes questões de Prazo relacionadas poderiam ser desejáveis para a construção convencional (valor negativo) ou desejáveis para PPMOF (valor positivo), para o projeto em consideração?					Home		
Fator	Descrição	N/A	Construção Convencional		Neutro		Construção Industrializada		
			-5	-2	0	+2	+5		
1,1	Prazos reduzidos	A industrialização da construção pode reduzir o prazo através de atividades paralelas e áreas de fabricação com altas taxas de produtividade	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
1,2	Paralisações, Interrupções ou Paradas programadas	Maximização de verificação e pré-montagem antes da construção tem o potencial de reduzir o tempo de parada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
1,3	Decisões do negócio postergadas	A industrialização da construção tem o potencial de reduzir o prazo de instalação, utilizando área de fabricação com alta taxa de produtividade e múltiplos locais de fabricação, permitindo a postergação de decisões finais do negócio relacionadas a trazer um produto ao mercado	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
1,4	Benefícios do startup antecipado	A redução de prazo decorrente de múltiplos locais de trabalho e produtividade aumentada em áreas remotas, juntamente com o pré-comissionamento do equipamento antes da instalação pode resultar em um ramp-up mais curto	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
1,5	Tempo de liberação de licenças ambientais e outras licenças do projeto	A industrialização da construção pode permitir iniciar o trabalho fora do local da obra, enquanto as permissões do local da obra estão sendo providenciadas. (deve-se tomar cuidado devido a possibilidade da permissão solicitada ser negada)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
1,6	Limitações de prazo relacionadas à expedição e transporte	Localizações de áreas de projetos/fornecedores podem ditar ou limitar a capacidade de expedir, receber e instalar elementos. A expedição para processos de industrialização da construção pode exigir prazos específicos para envio ou transporte e podem ser restringidos se o período de expedição for perdido	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
1,7	Equipamentos ou materiais com grande lead-time	Itens de elevado lead-time podem ditar o prazo, independentemente do nível de industrialização da construção. Tais itens podem também controlar o nível e o escopo da industrialização da construção	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
1,8	Riscos associados com penalidades de prazo	Ao reduzir os riscos de prazo associados ao clima ou condições de trabalho, a industrialização da construção pode limitar o risco de penalidades.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
1,9	Recompensas para a conclusão antecipada do projeto	Prazo reduzido e/ou redução da variação de prazo através da industrialização da construção pode proporcionar oportunidades de incentivos se disponíveis.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
1,10	Requisitos para disponibilizar um produto no mercado rapidamente	A industrialização da construção pode ser capaz de reduzir o tempo de disponibilizar um produto no mercado através da melhoria das taxas de produtividade nas áreas de fabricação e da revisão da sequência de atividades. Isso pode permitir que os produtos cheguem ao mercado mais	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Please click on the right arrow and move to the next category of detailed questions.			Final Score	Average Raw Score		2,60			

Figura 10 – Categoria de avaliação “Prazo”

Fonte: Material Interno, 2011

2. Custo		Em que medida as seguintes questões de Custo relacionadas poderiam ser desejáveis para a construção convencional (valor negativo) ou desejáveis para PPMOF (valor positivo), para o projeto em consideração?					Home		
Fator	Descrição	N/A	Construção Convencional		Neutro		Construção Industrializada		
			-5	-2	0	+2	+5		
2,1	Controle de custo total do projeto	Características de industrialização da construção podem proporcionar melhor controle de custo (a capacidade de maior previsibilidade e atendimento das projeções de custo, limitando a variabilidade devido ao clima, trabalho, etc)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
2,2	Fluxo de caixa total do projeto	A industrialização da construção tem o potencial de proporcionar mais opções de fluxo de caixa desde que o trabalho possa ser finalizado mais cedo ou atrasado sem afetar as metas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
2,3	Requisitos para atender novas exigências ou outros requisitos impostos	Redução do prazo através da utilização da industrialização da construção, pode permitir atingir a conformidade com os requisitos dentro do prazo determinado	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
2,4	Valor de reutilização futura	Aspectos de industrialização da construção de um empreendimento podem ser projetados para recuperação ou reutilização	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
2,5	Fatores econômicos locais específicos	Com a locação do trabalho fora do local da obra, fatores adversos da economia local podem ser potencialmente evitados	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Please click on the right arrow and move to the next category of detailed questions.			Final Score	Average Raw Score		1,40			

Figura 11 – Categoria de avaliação “Custo”

Fonte: Material Interno, 2011

3. Mão de Obra		Em que medida as seguintes questões de Mão de obra relacionadas poderiam ser desejáveis para a construção convencional (valor negativo) ou desejáveis para PPMOF (valor positivo), para o projeto em consideração?					Home		
Factor	Description	N/A	Pro Field Erect		Neutral		Pro PPMOF		
			-5	-2	0	+2	+5		
3,1	Produtividade do trabalho		<input type="radio"/>						
3,2	Requisitos de volume total ou pico de trabalho (quantidade de trabalhadores)		<input type="radio"/>						
3,3	Disponibilidade de mão-de-obra local, regional ou nacional		<input type="radio"/>						
3,4	Disponibilidade de mão de obra qualificada		<input type="radio"/>						
3,5	Exigências específicas de projeto como certificação para trabalhos manuais		<input type="radio"/>						
3,6	Contratos de trabalho ou questões judiciais		<input type="radio"/>						
3,7	Mão de obra suficiente em um ambiente de projeto múltiplo		<input type="radio"/>						
3,8	Estabilidade do custo de mão de obra		<input type="radio"/>						
3,9	Considerações políticas locais/regionais		<input type="radio"/>						
3,10	Turnos múltiplos de trabalhadores da construção		<input type="radio"/>						
Please click on the right arrow and move to the next category of detailed questions.					Final Score	Average Raw Score	1,90		

Figura 12 - Categoria de avaliação “Mão de Obra” - Categoria de avaliação “Mão de Obra”
 Fonte: Material Interno, 2011

4. Segurança		Em que medida as seguintes questões de Segurança relacionadas poderiam ser desejáveis para a construção convencional (valor negativo) ou desejáveis para PPMOF (valor positivo), para o projeto em consideração?					Home		
Fator	Descrição	N/A	Pro Construção no Local		Neutro		Pro PPMOF		
			-5	-2	0	+2	+5		
4,1	Local incomum ou região de riscos	Atividades offsite podem minimizar o trabalho em áreas de riscos do site e reduzir custos para proteção dos trabalhadores durante os trabalhos de métodos convencionais	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
4,2	Continuidade de operações de instalações	A redução do número de trabalhadores e tipos de trabalhos manuais pode reduzir impactos sobre operações em andamento	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
4,3	Densidade de mão de obra no site	A redução do número de trabalhadores e tipos de serviços manuais pode reduzir a exposição a riscos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
4,4	Risco elevado devido a altura, espaços confinados, ambientes tóxicos, etc.	A industrialização da construção pode reduzir a exposição de trabalhadores em áreas como altura elevada, ambientes escorregadios ou molhados ou valas. O uso da industrialização da construção tem o potencial de trazer uma grande parte do trabalho para um ambiente controlado no nível do terreno da obra	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
4,5	Incentivos financeiros contratuais para melhores índices de segurança do projeto	Redução da exposição a riscos através da industrialização da construção pode proporcionar grandes oportunidades de incentivos financeiros associados com segurança	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
4,6	Redução dos custos de seguro	Redução da exposição a riscos através da industrialização da construção pode justificar a redução dos custos de seguro	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
4,7	Elevação de cargas pesadas	Industrialização da construção pode envolver elevação de cargas pesadas, exigindo um planejamento de segurança adicional	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Please click on the right arrow and move to the next category of detailed questions.			Final Score	Average Raw Score		3,75			

Figura 13 - Categoria de avaliação “Segurança”

Fonte: Material Interno, 2011

5. Atributos do local		Em que medida as seguintes questões de Atributos do local relacionadas poderiam ser desejáveis para a construção convencional (valor negativo) ou desejáveis para PPMOF (valor positivo), para o projeto em consideração?					Home		
Factor	Description	N/A	Pro Field Erect		Neutral		Pro PPMOF		
			-5	-2	0	+2	+5		
5,1	Condições previsíveis de clima do local	Industrialização da construção pode ser feita em localizações remotas onde o clima é mais previsível ou controlado	<input type="radio"/>						
5,2	Questões políticas	Industrialização da construção pode ser relocada para áreas com clima político mais favorável	<input type="radio"/>						
5,3	Restrições ambientais	Industrialização da construção pode relocar algum serviço dentro do lay out ou para fora do local da obra onde métodos tradicionais exigiriam considerações adicionais devido a restrições ambientais	<input type="radio"/>						
5,4	Infraestrutura local para suportar o projeto	Industrialização da construção pode relocar atividades para locais onde exista infraestrutura adequada como fornecedores de produtos, serviços, moradia ou hotéis, e fornecimento de energia	<input type="radio"/>						
5,5	Direitos de passagem e limites de propriedade	O local deve ser verificado para todas as áreas que possam restringir o transporte da industrialização da construção na área de instalação	<input type="radio"/>						
5,6	Estabelecimento e organização do espaço no local	Industrialização da construção como pre-montagem exige espaço adicional para montagem e preparação da instalação	<input type="radio"/>						
5,7	Acesso para o local e dentro do local	Espaço deve ser definido para a movimentação de equipamentos de construção e montagem, exigido para a industrialização da construção	<input type="radio"/>						
5,8	Localizações remotas com mínima infraestrutura	Industrialização da construção pode reduzir a necessidade de estabelecer a infraestrutura local, reduzindo o tamanho e duração do trabalho no local	<input type="radio"/>						
Please click on the right arrow and move to the next category of detailed questions.			Final Score	Average Raw Score		1,13			

Figura 14 - Categoria de avaliação “Atributos do Local”

Fonte: Material Interno, 2011

6. Sistemas Eletro-mecânicos		Em que medida as seguintes questões de Sistema estrutural relacionadas poderiam ser desejáveis para a construção convencional (valor negativo) ou desejáveis para PPMOF (valor positivo), para o projeto em consideração?					Home		
Factor	Description	N/A	Pro Field Erect		Neutral		Pro PPMOF		
			-5	-2	0	+2	+5		
6,1	Densidade de sistema mecânico (quantidade de itens instalados em um dado espaço)	Eficiência em layout e controle de qualidade podem ser percebidos por meio da industrialização de projetos com intensa montagem.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
6,2	Agrupamento ou arranjo de sistemas mecânicos	Agrupar equipamentos em pré-montagens ou módulos pode oferecer vantagens para a eficiência da construção ou manutenção.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
6,3	Requisitos de manutenção para as instalações	Projeto de industrialização pode facilitar a aplicação dos requisitos de manutenção disponíveis.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
6,4	Dimensão dos equipamentos e sistemas	Equipamentos menores que 3,5m oferecem oportunidades de maximizar vantagens da industrialização porque se adequam à maioria dos pacotes de expedição. Projetos com equipamentos maiores ainda podem se beneficiar com uma industrialização parcial.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
6,5	Métodos de montagem de material especial (solda de ligas metálicas)	Condições de fabricação adequadas, proporcionadas por algumas formas de industrialização.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
6,6	Montagem com necessidade de condições especiais, como condições de sala limpa, climatizada.	Alguns equipamentos sensíveis podem ser pré-montados e verificados num ambiente controlado, reduzindo riscos de danos e exposição.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
6,7	Densidade do sistema elétrico (quantidade de itens instalados em um dado espaço)	Projeto (desenho) de industrialização pode ajudar a consolidar sistemas elétricos de alta densidade.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
6,8	Requisitos para rotas de sistemas elétricos	Requisitos para distribuição extensa pode exigir projeto adicional para cabearamentos cruzados de módulos aumentando o custo de projeto e ajuste dos requisitos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Please click on the right arrow and move to the next category of detailed questions.			Final Score	Average Raw Score	1,50				

Figura 15 - Categoria de avaliação “Sistemas Eletromecânicos”
 Fonte: Material Interno, 2011

7. Tipos de projeto e contrato		Em que medida as seguintes questões de Tipos de projeto e contrato relacionadas poderiam ser desejáveis para a construção convencional (valor negativo) ou desejáveis para PPMOF (valor positivo), para o projeto em consideração?					Home		
Factor	Description	N/A	Pro Field Erect		Neutral		Pro PPMOF		
			-5	-2	0	+2	+5		
7,1	Replicação em outros projetos	Unidades industrializadas frequentemente são transformados em estruturas repetitivas que se ajustam aos módulos de transporte. O resultado é um produto final que pode fornecer projetos flexíveis e repotenciados.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
7,2	Proteção de registros/patentes de tecnologias ou métodos	Serviços de industrialização podem ser executados em locais seguros, onde itens patenteados/registrados possam ser montados e protegidos.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
7,3	Metas do projeto que incluem incentivos financeiros	Itens relacionados a cronograma e custo resultantes da industrialização poderiam oferecer oportunidades para maximizar incentivos financeiros para a equipe.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
7,4	Flexibilidade do fornecedor ou contratada em fornecer uma fábrica que atenda aos requisitos de desempenho do contratante	Permitir a flexibilidade de industrialização do fornecedor/contratada no projeto pode levar a uma melhoria no desempenho do projeto.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Please click on the right arrow and move to the next category of detailed questions.			Final Score	Average Raw Score	1,00				

Figura 16 - Categoria de avaliação “Tipos de Projeto e Contrato”
 Fonte: Material Interno, 2011

8. Projeto		Em que medida as seguintes questões de Projeto relacionadas poderiam ser desejáveis para a construção convencional (valor negativo) ou desejáveis para PPMOF (valor positivo), para o projeto em consideração?					Home
Factor	Description	N/A	Pro Field Erect	Neutral	Pro PPMOF		
			-5	-2	0	+2	+5
8,1	Disponibilidade de membros da equipe do projeto na fase inicial de desenvolvimento	Industrialização requer o envolvimento antecipado de muitas partes, tais como cliente, projetista e representantes da equipe de construção.	<input type="radio"/>				
8,2	Requisitos para o "congelamento" antecipado do projeto	A industrialização requer um bom nível de congelamento do projeto antes da fabricação visando adequar principalmente os problemas de transporte.	<input type="radio"/>				
8,3	Estrutura organizacional do empreendimento e/ou cliente	Participantes inexperientes ou sem conhecimento do assunto podem necessitar de um nivelamento de conceitos nas características da industrialização, benefícios e requisitos.	<input type="radio"/>				
8,4	Disponibilidade de CAD 3D ou tecnologia de desenho similar	Para obter benefícios na industrialização, alguns desenhos complexos devem ser desenhados com auxílio de CAD 3D.	<input type="radio"/>				
8,5	Infraestrutura (hardware & software) para comunicação	A crescente coordenação e a troca de informação requerida pela industrialização pode ser beneficiada através do uso de conexões via internet entre os participantes.	<input type="radio"/>				
8,6	Compatibilidade de software para projeto e comunicação	A comunicação entre múltiplos sites (por exemplo: entre site de montagem e fábrica) pode exigir melhorias na tecnologia de projeto e comunicação para garantir compatibilidade.	<input type="radio"/>				
8,7	Flexibilidade favorável para modificações ou expansões	Elementos industrializados podem ser projetados para duplicação ou expansão. A industrialização pode ser projetada para fácil modificação permitindo flexibilidade.	<input type="radio"/>				
Please click on the right arrow and move to the next category of detailed questions.			Final Score	Average Raw Score	3,14		

Figura 17 – Categoria de avaliação “Projeto”

Fonte: Material Interno, 2011

9. Requisitos de transporte e Elevação de cargas		Em que medida as seguintes questões de Requisitos de transporte e elevação de cargas relacionadas poderiam ser desejáveis para a construção convencional (valor negativo) ou desejáveis para PPMOF (valor positivo), para o projeto em consideração?					Home		
Factor	Description	N/A	Pro Field Erect		Neutral		Pro PPMOF		
			-5	-2	0	+2	+5		
9,1	Disponibilidade de transporte	Serão requeridos meios de transporte adequados dependendo do tamanho ou peso dos elementos industrializados. Por exemplo: carreta, navio.	<input type="radio"/>						
9,2	Custos de transporte local	A expedição de elementos industrializados pode envolver taxas ou outros custos associados com a localização ou rota de transporte.	<input type="radio"/>						
9,3	Infraestrutura de transporte	As rotas de transporte devem ser avaliadas para atender ao carregamento proposto (altura de viadutos, restrições de peso, etc).	<input type="radio"/>						
9,4	Autorização	Algumas áreas requerem autorizações para cargas de determinado tamanho ou peso. Autorização deve ser obtida para possibilitar o transporte.	<input type="radio"/>						
9,5	Riscos de perda durante o transporte	Industrialização pode incluir grandes montagens e isso aumenta o valor de embarques isolados.	<input type="radio"/>						
9,6	Impactos das condições do tempo	Condições meteorológicas podem gerar atrasos no embarque de elementos industrializados.	<input type="radio"/>						
9,7	Seguro e garantias durante o transporte	Grandes embarques de elementos industrializados podem levar a significantes coberturas de seguro. Garantias de fornecedores para produtos industrializados devem ser consideradas.	<input type="radio"/>						
9,8	Disponibilidade para içar e rebocar peças e equipamentos	Industrialização pode reduzir a duração de equipamentos de içamento e elevação de carga no site. Entretanto, montagens grandes e pesadas podem necessitar de equipamentos maiores. A localização do site e a disponibilidade de equipamentos podem afetar o escopo da industrialização.	<input type="radio"/>						
9,9	Fundações requeridas para itens industrializados	Elementos industrializados podem requerer fundações diferentes das de uma construção convencional, dependendo do tipo e escopo do trabalho.	<input type="radio"/>						
9,10	Elevação de cargas pesadas e planejamento relacionado	Grande e complexa industrialização pode requerer planejamento adicional para cargas grandes ou pesadas.	<input type="radio"/>						
Please click on the right arrow and move to the next category of detailed questions.			Final Score	Average Raw Score		0,50			

Figura 18 - Categoria de avaliação “Requisitos de Transporte e Elevação de Cargas”

Fonte: Material Interno, 2011

10. Capacidade de fornecedores		Em que medida as seguintes questões de Capacidade de fornecedores relacionadas poderiam ser desejáveis para a construção convencional (valor negativo) ou desejáveis para PPMOF (valor positivo), para o projeto em consideração?					Home		
Factor	Description	N/A	Pro Field Erect		Neutral		Pro PPMOF		
			-5	-2	0	+2	+5		
10,1	Disponibilidade de fornecedor	A disponibilidade de fornecedor pode afetar <i>lead times</i> de entregas (se o tempo de entrega de fornecedores é um direcionador da industrialização, problemas dessa natureza podem ser um impedimento para a mesma).	<input type="radio"/>						
10,2	Disponibilidade de fornecedores qualificados	Requisitos de contratação de fornecedores para a industrialização da construção devem incluir certificações ou níveis de qualidade para o produto.	<input type="radio"/>						
10,3	Capacidade da área industrial do fornecedor	Características relacionadas à produção, experiência e qualidade do fornecedor podem ditar o escopo da industrialização.	<input type="radio"/>						
10,4	Nível de sofisticação dos sistemas de informação dos fornecedores	Empreendimentos industrializados geralmente requerem um nível elevado de coordenação e comunicação entre os participantes. O uso de sistema de transferência eletrônica de arquivos, CAD 3D e outros recursos eletrônicos podem ser requisitos para certos tipos de industrialização.	<input type="radio"/>						
10,5	Representação do fornecedor no local do empreendimento	A representação, inspeção ou outros aspectos relacionados ao fornecedor podem ser requeridas durante a execução do empreendimento.	<input type="radio"/>						
This is the last category of detailed questions. Please click on the "Final Score."			Final Score	Average Raw Score		5,00			

Figura 19 – Categoria de avaliação “Capacidade de Fornecedores”

Fonte: Material Interno, 2011

Os fatores de ponderação podem variar entre 0 e 5, sendo mais importantes quanto maior for o valor atribuído. Devem ser preenchidos pela equipe do projeto, preferencialmente antes da avaliação das respectivas categorias. Podem ser revisados ou modificados ao final da avaliação ou em caso de alguma mudança em premissa estabelecida.

Cada uma das dez categorias a serem avaliadas estão elencadas à direita da caixa de diálogo apresentada na figura 20.

Summary of Strategic Level II Evaluation				
Project Name:	Fill out on Welcome page		Data Date:	Fill out on Welcome page
Evaluator:	Fill out on Welcome page		Evaluation Date:	novembro 10, 2011
First, please assign numbers between 0 and 5 to the weight factor for each of the ten categories below.			What's the weight factor?	Weight factor percentage?
Category	Average Raw Score A	Weight Factor (0 to 5) B	Weight Factor Percent C=B/ΣB	Weighted Score D=A*C
1. Schedule				
2. Cost				
3. Labor				
4. Safety				
5. Site attributes				
6. Mechanical system				
7. Project and contract type				
8. Design				
9. Transportation and Lifting requirements				
10. Supplier capability				
Second, please click on the "Detailed Questions" and assess average raw scores for each category.			Detailed Questions	Total Factor % ΣC
				Final Score ΣD

Welcome Page

[Home](#)

[Schedule](#)

[Cost](#)

[Labor](#)

[Safety](#)

[Site attributes](#)

[Mechanical system](#)

[Project and contract type](#)

[Design](#)

[Transportation & Lifting requirements](#)

[Supplier capability](#)

Figura 20 – Fatores de ponderação

Fonte: Material Interno, 2011

6.4.2 Forma de Avaliação

Para cada categoria selecionada são apresentadas descrições de tópicos para suportar a avaliação em relação a fatores específicos do projeto, conforme a figura 21 abaixo.

A avaliação deve então ser realizada atribuindo-se uma pontuação cujos valores variam entre (-5), (0), (N/A) e (+5), onde:

(-5) - as condições favorecem fortemente a estratégia de construção tradicional;

(+5) - as condições favorecem fortemente a aplicação de estratégias de industrialização na construção – PPMOF;

(0) - as condições são neutras;

(N/A) - fator não aplicável ao projeto em consideração.

Valores intermediários aos extremos descritos acima podem ser também atribuídos, a critério da equipe do projeto, de forma a demonstrar uma tendência de atendimento a um dos parâmetros descritos acima, porém sem apresentar indícios que recomendem fortemente a sua aplicação. Neste caso, os valores (-2) e (+2) devem ser atribuídos, respeitando-se a tendência descrita originalmente.

Detailed Questions of Strategic Level II Evaluation								
10. Supplier Capability		To what extent could the following issues related to supplier capability be desirable for traditional field erection (negative value) or desirable for PPMOF (positive value) for the project under consideration?						
Factor	Description	N/A	Pro Field Erect	Neutral		Pro PPMOF		
			-5	-2	0	+2	+5	
10,1	Supplier availability	Supplier availability may affect lead times on deliverables (while on-site component supplier's delivery problems could drive pre-work, pre-work supplier delivery problems could be an impediment).	<input type="radio"/>					
10,2	Availability of qualified suppliers	Pework suppliers requirements may include certain certifications or levels of quality.	<input type="radio"/>					
10,3	Supplier shop capacity	Production, experience and quality characteristics of a supplier may dictate the scope of prework.	<input type="radio"/>					
10,4	Level of sophistication of supplier's information systems	Pework projects generally require increased coordination and communication between project participants. The use of electronic file transfer, email, 3D CAD and other electronic resources may be requirements for certain types of prework.	<input type="radio"/>					
10,5	Supplier's availability of on-site representation	Supplier representation may be required during installation, inspection or other aspects of the project.	<input type="radio"/>					

This is the last category of detailed questions. Please click on the "Final Score." Average Raw Score

Figura 21 – Exemplo de categoria de avaliação

Fonte: Material Interno, 2011

Após o preenchimento de cada uma das dez categorias e atribuição da pontuação de todos os tópicos relacionados, a nota média final da categoria é validada.

Em razão da interdependência entre as categorias em análise, pode haver a necessidade de correção de alguns dos fatores atribuídos a categorias analisadas anteriormente. Para navegar entre as avaliações das categorias, os botões de navegação presentes na caixa de diálogo podem ser utilizados.

A partir da conclusão da avaliação da última categoria, o sistema retornará automaticamente para a caixa de diálogo mostrada na figura 22, apresentando a pontuação média das categorias e os respectivos fatores de ponderação.

Apresentam-se, abaixo, as fórmulas de cálculo utilizadas pela ferramenta para cada uma das 10 (dez) categorias de avaliação:

$$\text{Average Raw Score} = \sum (\text{Pontuação dos tópicos}) / 8$$

$$\text{Weight Factor Percent} = \text{Weigh Factor} / \sum (\text{Weight Factor})$$

$$\text{Weighted Score} = \text{Average Raw Score} * \text{Weight Factor Percent}$$

6.4.3 Interpretação dos Resultados

Os valores médios de cada categoria e os respectivos fatores de ponderação podem ser encontrados no quadro resumo da aplicação, conforme mostrado na figura 22.

A primeira avaliação geral a ser realizada corresponde ao entendimento dos fatores de ponderação, sua influência global e representatividade em relação às categorias analisadas com o auxílio da ferramenta. Esta avaliação está apresentada em valores percentuais na coluna *weight factor percent*. Neste momento, existe a oportunidade de modificar ou refinar estes fatores de forma a melhor expressar a influência de cada uma das categorias em relação ao projeto em análise.

First, please assign numbers between 0 and 5 to the weight factor for each of the ten categories below.					What's the weight factor?	Weight factor percentage?
Category	Average Raw Score A	Weight Factor (0 to 5) B	Weight Factor Percent C=B/5B	Weighted Score D=A*C	Welcome Page	
1. Schedule	1,60	5	14%	0,22	Home	
2. Cost	3,20	4	11%	0,36	Schedule	
3. Labor	2,10	3	8%	0,18	Cost	
4. Safety	3,88	4	11%	0,43	Labor	
5. Site attributes	2,38	3	8%	0,20	Safety	
6. Mechanical system	3,63	2	6%	0,20	Site attributes	
7. Project and contract type	3,50	3	8%	0,29	Mechanical system	
8. Design	4,14	3	8%	0,35	Project and contract type	
9. Transportation and Lifting requirements	4,40	4	11%	0,49	Design	
10. Supplier capability	2,40	5	14%	0,33	Transportation & Lifting requirements	
Second, please click on the "Detailed Questions" and assess average raw scores for each category.		Detailed Questions	100%	3,04	Supplier capability	
Finally, once weight factors and raw scores are found, please click on the "Final Score Interpretation" and "Reports of Extremes" buttons.			Final Score Interpretation	Reports of Extremes	Save	Print

Figura 22 - Exemplo de resultados

Fonte: Material Interno, 2011

A coluna *weighted score* apresenta a pontuação média alcançada pelo projeto analisado. Da mesma forma que a atribuição da pontuação das categorias, um valor positivo indica que o

PPMOF é uma estratégia desejável para o projeto. Um valor negativo, ao contrário, indica que a estratégia de construção convencional é mais adequada.

Prosseguindo na interpretação dos resultados, valores positivos altos (entre 2 e 5) indicam que a adoção de estratégias de industrialização são mais fortemente recomendadas. Valores positivos baixos (entre 1 e 2) indicam que estratégias de industrialização são desejáveis, porém podem apresentar pontos fracos que devem ser mitigados para o caso em utilização.

Valores próximos de 0 e menores que 1 não indicam uma preferência geral para a utilização do PPMOF. Entretanto deixa em aberto a possibilidade do PPMOF ser aplicado em algumas áreas específicas do projeto ou áreas que tenham vocação para este tipo de estratégia.

Um valor negativo indica que o PPMOF não é uma estratégia desejável para seu projeto e possivelmente a condução do projeto pelo método de construção convencional deve ser mais adequada.

De forma complementar aos resultados apresentados no quadro resumo, mostrado na figura 22, são disponibilizados os relatórios de extremos.

O Relatório de Extremos fornece duas listas “*Top ten*” dos fatores que suportam fortemente a aplicação do PPMOF (pontos fortes) e dos fatores que são contra ou desfavoráveis à aplicação do PPMOF (pontos fracos), para o projeto em análise.

Este relatório pode auxiliar a equipe do projeto a estabelecer ações de mitigação de riscos ou captura de oportunidades de adoção do PPMOF, caso a decisão seja pela aplicação de estratégias de industrialização na construção. Trata-se, portanto, da identificação de uma lista de pontos que devem ser tratados para maximizar os benefícios obtidos com a escolha.

Com os fatores identificados no relatório de extremos, a equipe deve focar a aplicação de estratégias de industrialização nos pontos fortes e propor ações que possam mitigar e otimizar os pontos fracos identificados para estas estratégias.

Para visualização do Relatório de Extremos é necessário clicar no botão inferior “*Reports of Extremes*”. As figuras 23 e 24 apresentam os relatórios de extremos.

Factors Most Strongly Supporting PPMOF					
Rank	Raw Score	Weighted Score	Factor	Category	Question No.
1	5	0,69	Supplier availability	Supplier capability	1
1	5	0,69	Supplier shop capacity	Supplier capability	3
2	5	0,56	Overall project cash flows	Cost	2
2	5	0,56	Requirements to meet new regulatory or other imposed requirements	Cost	3
2	5	0,56	Unusual site or regional hazards	Safety	1
2	5	0,56	On-site labor density	Safety	3
2	5	0,56	Increased risk from high elevations, confined spaces, known toxic atmospheres, etc.	Safety	4
2	5	0,56	Reductions in insurance costs	Safety	6
2	5	0,56	Regulatory requirements	Safety	8
2	5	0,56	Availability of transportation methods	Transportation & Lifting requirements	1
To save and print your evaluation results, please go to the Final Score (Summary) sheet and press the "Save" and "Print" buttons.				Final Score	Final Score Interpretation

Figura 23 – Relatório de extremos (pontos fortes)

Fonte: Material Interno, 2011

Factors Most Strongly Against PPMOF					
Rank	Raw Score	Weighted Score	Factor	Category	Question No.
1	-2	-0,28	Rewards for early project completion	Schedule	9
1	-2	-0,28	Availability of qualified suppliers	Supplier capability	2
2	-2	-0,17	Project-specific requirements such as licenses for craft workers	Labor	5
2	-2	-0,17	Sufficiency of labor in a multiple project environment	Labor	7
2	-2	-0,17	Laydown and staging space on the site	Site attributes	6
3	0	0,00	Environmental restrictions	Site attributes	3
3	0	0,00	Electrical system density	Mechanical system	7
4	2	0,11	Grouping or arrangement of mechanical systems	Mechanical system	2
4	2	0,11	Special assembly requirements such as "clean room" conditions	Mechanical system	6
5	2	0,17	Labor productivity	Labor	1
To save and print your evaluation results, please go to the Final Score (Summary) sheet and press the "Save" and "Print" buttons.				Final Score	Final Score Interpretation

Figura 24 – Relatório de extremos (pontos fracos)

Fonte: Material Interno, 2011

É importante salientar a diferença de interpretação e consideração existentes entre as notas (NA) e (0). A nota (NA) não é considerada como ponto forte ou ponto fraco para o PPMOF no Relatório de Extremos. A nota "0" é considerada na elaboração do relatório, visto que

significa que as condições são neutras, ou seja, não há tendência relevante para nenhum dos métodos construtivos.

A equipe do projeto pode salvar os resultados da análise, assim como imprimir os relatórios (Resumo, Extremos e Questões Detalhadas), conforme figuras mostradas anteriormente.

A aplicação da planilha não define diretamente qual será o Método Construtivo a ser utilizado na construção. Os relatórios gerados pela planilha auxiliam a equipe do projeto na avaliação da aplicabilidade de estratégias de industrialização para o método construtivo, na identificação de pontos negativos relativos a esta industrialização e na preparação de ações de mitigação dos pontos negativos desta estratégia, de forma a garantir que os aspectos relacionados às categorias analisadas sejam considerados.

A correta utilização da estratégia do método construtivo final para cada área do projeto permanece fortemente dependente do envolvimento precoce de uma equipe de construção experiente, conhecimento das condições intrínsecas ao local de implantação do projeto, aliada a uma boa estratégia logística para o empreendimento.

A estrutura típica de aplicação do *trade-off* da estratégia do método construtivo apresenta os seguintes passos:

- Analisar os documentos do projeto (conforme as entradas deste processo);
- Aplicar a ferramenta CII.
- Interpretar e analisar os resultados (pontuação final e relatório de extremos);
- Analisar a viabilidade técnica-econômica (Mão de Obra, Área disponível, CapEx, etc) e os riscos da proposta de Método Construtivo (Pré-Fabricação, Pré-montagem, Modularização, Fabricação off-site);
- Avaliar a necessidade de licenças para construção;
- Avaliar a disponibilidade de mão de obra em função dos métodos construtivos;

As seguintes informações são esperadas:

- Aplicabilidade de estratégias de industrialização na construção, por área do projeto;
- Relatórios de Extremos;
- Plano de Ação de mitigação de riscos e impedimentos para a implantação (caso a decisão seja pela aplicação de estratégias de industrialização na construção).

7 FERRAMENTA DE SELEÇÃO DA ESTRATÉGIA DO MÉTODO CONSTRUTIVO – ESTUDO DE CASO

Este capítulo apresenta o estudo de caso exploratório realizado em uma empresa de mineração e contempla o desenvolvimento da proposta de inclusão de novos quesitos de avaliação à categoria “Segurança” da Ferramenta de Seleção da Estratégia do Método Construtivo aplicada à fase de desenvolvimento de projetos de capital.

7.1 Etapa 1: Descrição dos Aspectos de Segurança abordados pela Ferramenta de Seleção da Estratégia do Método Construtivo – CII (*Strategic Decision Tool for PPMOF – Level 2*)

Os fatores e as respectivas questões abordadas pela Ferramenta de Seleção da Estratégia do Método Construtivo na categoria “Segurança” são apresentados na figura 25.

Para desenvolvimento das questões foram considerados os principais problemas de saúde e segurança na implantação de projetos de capital, conforme segue:

- Elevado contingente de mão de obra;
- Prazos insuficientes levando a altas jornadas de trabalho;
- Condições inseguras de trabalho;
- Baixa qualificação dos trabalhadores e das empresas contratadas;
- Várias movimentações de materiais e equipamentos no canteiro de obras;
- Interferência com as áreas operacionais (em projetos *brownfield*);
- Quantidade elevada de frentes de trabalho.

Fator	Descrição	N/A	Pro Construção no Local					
			-5	-2	0	+2	+5	
4,1	Local incomum ou região de riscos		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
4,2	Continuidade de operações de instalações		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
4,3	Densidade de mão de obra no site		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
4,4	Risco elevado devido a altura, espaços confinados, ambientes tóxicos, etc.		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
4,5	Incentivos financeiros contratuais para melhores índices de segurança do projeto		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
4,6	Redução dos custos de seguro		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4,7	Elevação de cargas pesadas		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

Figura 25 – Categoria “Segurança” da Ferramenta “CII Strategic Decision Tool for PPMOF Level 2”
 Fonte: Material Interno, 2011

Apresenta-se abaixo uma descrição sucinta de cada fator e da forma de preenchimento dos campos de avaliação segundo critérios de pontuação específicos:

4.1 - Local incomum ou região de riscos: avaliar se o projeto possui áreas, locais ou ambientes de risco.

4.2 - Continuidade de operações de instalações: avaliar se o projeto será uma expansão de uma planta operacional e se a pré-montagem ou modularização pode reduzir impactos em uma operação existente.

4.3 - Densidade de mão de obra no site: avaliar se a industrialização da construção tem o potencial de reduzir a densidade de mão de obra no site.

4.4 - Risco elevado devido à altura, espaços confinados, ambientes tóxicos, etc: avaliar se existem atividades com riscos devido à altura, espaços confinados, ambientes tóxicos, etc.

4.5 - Incentivos financeiros contratuais para melhores índices de segurança do projeto: avaliar se existem oportunidades de incentivos financeiros relacionados aos índices de

segurança do projeto.

4.6 - Redução dos custos de seguro: avaliar qual o impacto da redução dos custos de seguros no CapEx do projeto.

4.7 - Elevação de cargas pesadas: avaliar se as condições do projeto permitem trabalhos com içamento de cargas pesadas.

A avaliação deve ser realizada atribuindo-se uma pontuação cujos valores variam entre (-5), (0), (N/A) e (+5), onde:

(-5) - as condições favorecem fortemente a aplicação de estratégia de construção tradicional;

(+5) - as condições favorecem fortemente a aplicação de estratégias de industrialização na construção – PPMOF;

(0) - as condições são neutras;

(N/A) - fator não aplicável ao projeto em consideração.

Valores intermediários aos extremos descritos acima podem ser também atribuídos, a critério da equipe do projeto, de forma a demonstrar uma tendência de atendimento a um dos parâmetros descritos acima, porém sem apresentar indícios que recomendem fortemente a sua aplicação. Neste caso, os valores (-2) e (+2) devem ser atribuídos, respeitando-se a tendência descrita originalmente, ou seja, valores (-2) indicam tendência das condições no sentido de favorecer a aplicação de estratégias de construção tradicional e valores (+2) indicam tendência das condições no sentido de favorecer a aplicação de estratégias de industrialização na construção.

7.2 Etapa 2: Identificação de um Grupo de Especialistas

Através de consulta ao departamento de gestão de projetos de capital foi identificado um grupo de especialistas formado por profissionais com experiências diversas e formação em engenharia, todos empregados da empresa de mineração. Foram selecionados 25 (vinte e cinco) especialistas para participar de uma pesquisa visando identificar contribuições para melhoria da categoria “Segurança” da ferramenta. A tabela 10 apresenta o tipo de formação

dos especialistas e o tempo de experiência no uso da ferramenta de seleção da estratégia do método construtivo:

Tabela 9 – Características dos Especialistas Selecionados

Especialista	Formação Acadêmica	Especialização	Tempo de empresa	Tempo de experiência no uso da ferramenta
1	Engenharia Civil	Segurança do Trabalho	4 anos	1 ano
2	Engenharia Elétrica	—	1 ano	6 meses
3	Engenharia de Produção	Gestão de Projetos	2 anos	6 meses
4	Engenharia Civil	Gestão de Projetos	6 anos	1 ano
5	Engenharia Elétrica	Segurança do Trabalho	20 anos	2 anos
6	Engenharia Civil	—	1 ano	6 meses
7	Engenharia de Produção	Segurança do Trabalho	5 anos	2 anos
8	Engenharia Mecânica	Segurança do Trabalho	3 anos	1 ano
9	Engenharia Civil	Gestão Econômica	8 anos	2 anos
10	Engenharia Elétrica	Engenharia Ambiental	2 anos	8 meses
11	Engenharia Mecânica	Gestão de Projetos	12 anos	2 anos
12	Engenharia Química	Segurança do Trabalho	6 anos	2 anos

Tabela 9 – Características dos Especialistas Selecionados (Continuação)

13	Engenharia de Produção	—	1 ano	6 meses
14	Engenharia Civil	Engenharia Ambiental	4 anos	1 ano
15	Engenharia Mecânica	—	2 anos	10 meses
16	Engenharia de Minas	Segurança do Trabalho	5 anos	1 ano
17	Engenharia Civil	Segurança do Trabalho	3 anos	8 meses
18	Engenharia de Produção	Gestão de Projetos	5 anos	1 ano
20	Engenharia Civil	Segurança do Trabalho	7 anos	2 anos
21	Engenharia Mecânica	—	3 anos	8 meses
22	Engenharia Civil	Gestão Empresarial	5 anos	1 ano
23	Engenharia de Minas	Gestão de Projetos	6 anos	2 ano
24	Engenharia Civil	Gestão Econômica	10 anos	2 anos
25	Engenharia Elétrica	Segurança do Trabalho	4 anos	1 ano

Fonte: Autor, 2012

7.3 Etapa 3: Confeção de um Questionário para Avaliação da Ferramenta de Seleção da Estratégia do Método Construtivo Aplicada à Fase de Desenvolvimento de Projetos de Capital em uma Empresa de Mineração

Foi construído um questionário para avaliar fatores específicos da Ferramenta de Seleção da Estratégia do Método Construtivo, tais como: facilidade de aplicação, dimensionamento da equipe envolvida, aplicabilidade das questões aos objetivos propostos, capacidade dos fatores da categoria "Segurança" em avaliar os riscos a que os trabalhadores ficam expostos pela adoção da industrialização da construção. O questionário é apresentado no Apêndice 1.

7.4 Etapa 4: Aplicação do Questionário

Foi realizada uma pesquisa junto a 25 (vinte e cinco) especialistas na aplicação da Ferramenta de Seleção da Estratégia do Método Construtivo, visando contribuir com a proposta de integração de elementos centrados na confiabilidade humana e engenharia de resiliência à categoria "Segurança". Antes da aplicação do questionário, os especialistas foram informados de que se tratava da realização de uma pesquisa que seria parte integrante da elaboração de uma dissertação de mestrado e cujos objetivos foram claramente explicitados a cada um dos especialistas consultados.

Dos 25 (vinte e cinco) especialistas que receberam o questionário da pesquisa através de correio eletrônico, 12 (doze) especialistas responderam à pesquisa.

7.5 Etapa 5: Análise dos Dados

Os resultados da pesquisa apontaram os seguintes comentários dos especialistas:

- Verifica-se que há uma possibilidade muito grande de diminuir as horas-homens trabalhadas no site através da industrialização da construção, o que contribui para aumentar a segurança;
- A Segurança é o tópico principal da Construtibilidade;
- A abrangência do aspecto “Segurança” para avaliação de riscos da exposição da mão de obra deve ser analisada quanto aos aspectos diferenciados relacionados à sua localidade e cultura da região onde estão inseridos, e devem ser reforçadas as análises e tratativas relacionadas com aspectos de seleção das empresas, treinamento e acompanhamento;
- Acredito que o método necessita de uma apuração mais refinada com a APR;
- A ferramenta somente determina se o risco é interno ou externo e não define os riscos;
- Somente uma equipe de profissionais com vivência em projetos similares podem avaliar adequadamente todos os riscos;
- O conhecimento do projeto e da área de influência também é um fator importante.

O Apêndice 2 apresenta em resultados percentuais as respostas dadas pelos especialistas para cada uma das 10 (dez) questões considerando-se os 5 (cinco) critérios possíveis, ou seja: Concordo Plenamente; Concordo; Indiferente; Discordo e Discordo Plenamente.

7.6 Etapa 6: Definição das Propostas de Melhorias à Ferramenta de Seleção da Estratégia do Método Construtivo

Considerando também as contribuições dos resultados da pesquisa realizada junto aos especialistas, a proposta de integração de elementos à Categoria “Segurança” da Ferramenta de Seleção da Estratégia do Método Construtivo foi desenvolvida tendo, principalmente como referência, os conceitos da confiabilidade humana e da engenharia de resiliência.

7.6.1 Os Aspectos de Confiabilidade Humana

A análise da confiabilidade humana (ACH) é uma ferramenta que fornece informações qualitativas que identificam as ações críticas que um trabalhador deve realizar para desenvolver uma tarefa a contento, identificando ações errôneas (não desejadas), situações de erro provável e fatores que podem contribuir para os erros no desempenho de qualquer ação. Segundo Reason (1993), muitos acidentes ocorrem em situações pouco comuns, ou seja, em circunstâncias especiais que não representariam mais do que 25% do tempo de trabalho. Essas circunstâncias se produziram em consequência de incidentes operatórios, respostas não previstas do sistema ou alterações nas configurações de entrada de dados.

Segundo o mesmo autor, no modelo epidemiológico de acidentes, as ações humanas não seguras são classificadas como não intencionais e intencionais.

As ações não intencionais são definidas como deslizes, lapsos e enganos. Em situações onde ocorrem deslizes ou lapsos, o planejamento é satisfatório, as tarefas são familiares, mas ações desviam da intenção, de modo não intencional. O treinamento não elimina esse tipo erro. Os enganos são ocasionados por erro de julgamento ou decisão. Os trabalhadores realizam ações erradas, acreditando que estão certas. O comportamento é baseado em regras ou situações não familiares. O treinamento elimina esse tipo de erro. As ações intencionais são definidas como violações.

Segundo Hollnagel (1998), o desempenho humano é o resultado do uso vantajoso da competência ajustada para determinadas condições de trabalho, sendo que os modos de controle desordenado, oportunista, tácito e estratégico descrevem o nível de controle que os trabalhadores têm em relação à situação descrita. Os modos de controle são determinados por um conjunto de fatores chamados de Condições Comuns de Desempenho (CCD). Esses CCDs descrevem como o desempenho humano é afetado pelo contexto da operação, ou seja, pela adequação da organização, condições de trabalho, adequação das interfaces e sistemas de suporte, disponibilidade dos procedimentos, número de objetivos simultâneos, disponibilidade de tempo, ritmo circadiano (dia e noite), adequação do treinamento, experiência, cooperação da equipe, eficiência da comunicação. Situações de trabalho adequadamente projetadas, compatíveis com as necessidades, capacidades e limitações humanas, levando em consideração os fatores que afetam o desempenho humano (FADs), podem criar condições que otimizem o desempenho do trabalhador e minimizem os erros humanos.

Considerando as definições apresentadas anteriormente, questões relacionadas com a confiabilidade humana podem ser incluídas durante a avaliação da indicação de adoção da industrialização da construção:

Questão 1: A industrialização da construção permite reduzir a quantidade de procedimentos e normatização das tarefas de trabalho?

Dessa maneira, o percentual de acidentes e incidentes cuja causa foi a existência de procedimentos não atualizados ou inadequados poderá diminuir.

Questão 2: A industrialização da construção permite reduzir o número de horas extras não planejadas?

Dessa maneira, o percentual de acidentes e incidentes cuja causa foi a sobrecarga de trabalho poderá diminuir.

Questão 3: A industrialização da construção permite reduzir o percentual de acidentes e incidentes, cuja causa está relacionada com as condições não adequadas do local de trabalho?

Dessa maneira, o percentual de acidentes e incidentes cuja causa está relacionada com as condições inadequadas do local de trabalho poderá diminuir.

Questão 4: A industrialização da construção possibilita aumento do emprego de mão de obra com maior qualificação para realização das tarefas?

Dessa maneira, a necessidade de maior qualificação profissional possibilita melhorar a qualidade dos processos / produtos e a exigência de treinamento especializado permite diminuir a falta de conhecimento em relação aos riscos.

Questão 5: A industrialização da construção permite minimizar situações de estresse que levem a distrações na execução das tarefas realizadas no local de trabalho?

Dessa maneira, pressões temporais, tarefas repetidas em curto espaço de tempo e tarefas simultâneas serão evitadas.

7.6.2 Os Aspectos da Engenharia de Resiliência

Segundo Woods e Wreathall (2003) e Reason (1997), a organização deve adaptar-se e recuperar-se de perturbações ou mudanças, e o gerenciamento de segurança deve ser centrado em ações de monitoramento do desempenho organizacional, de modo a lidar com as vulnerabilidades dessa organização.

O uso de indicadores permite obter informações atualizadas sobre o desempenho organizacional, possibilitando ações preventivas no gerenciamento da segurança. Os indicadores reativos fornecem dados oriundos de eventos já acontecidos. Os indicadores preditivos fornecem informações baseadas em relatos de desvios ou quase acidentes, possibilitando ações pró-ativas no gerenciamento da segurança.

Segundo Hollnagel (2006), a engenharia de resiliência tenta determinar o momento da mudança de estabilidade para um estado instável da segurança de uma organização. A mudança pode ser lenta, gradual ou ocorrer de modo abrupto, sendo que o desafio é monitorar essas mudanças e tomar medidas pró-ativas. As organizações resilientes devem possuir as seguintes propriedades:

- comprometimento da alta direção com a segurança;
- aprender com os acidentes ocorridos;
- ser flexível o suficiente, de modo a responder com agilidade às mudanças necessárias;
- ter dinamicidade no controle de riscos;
- incentivar a cultura de comunicação de questões relacionadas com segurança, evitando punições;
- antecipar-se aos problemas.

Considerando as definições apresentadas anteriormente, questões relacionadas com a engenharia de resiliência podem ser incluídas durante a avaliação da indicação de adoção da industrialização da construção:

Questão 1: Na industrialização da construção, a experiência de outras organizações permite o aprimoramento de métodos de trabalho e a prevenção de incidentes e acidentes?

Dessa maneira, o aprendizado organizacional permite maior controle da qualidade e dos riscos do processo e minimiza o percentual de acidentes e incidentes devido a fatores não considerados nas análises de risco por possível desconhecimento.

Questão 2: A aplicação da industrialização da construção permite demonstrar maior comprometimento da alta direção com os aspectos de saúde e segurança, através da maior disponibilidade de recursos financeiros (CapEx) necessários para adoção do método construtivo definido?

Dessa maneira, a alta direção demonstra que o compromisso com a saúde e segurança dos trabalhadores é um valor intocável na tomada de decisões estratégicas da organização.

Questão 3: A aplicação da industrialização possibilita estudos para identificação de novos métodos de avaliação de riscos e os resultados podem ser utilizados para o desenvolvimento de novas práticas de gerenciamento da saúde e segurança?

Dessa maneira, é possível ampliar o espectro e a abrangência das metodologias de avaliação de risco, demonstrando dinamicidade no controle dos riscos e possibilitando maior capacidade de antecipação dos problemas relacionados à saúde e segurança.

7.7 Etapa 7: Validação das Melhorias

Considerando as questões desenvolvidas para serem integradas à Categoria “Segurança” da Ferramenta de Seleção da Estratégia do Método Construtivo, foi realizada uma reunião com os 12 (doze) especialistas que responderam à pesquisa, para apresentação, discussão e validação dos quesitos propostos. Todos os especialistas entenderam como sendo de fundamental importância a inclusão de questões que contemplam conceitos da confiabilidade humana e da engenharia de resiliência à ferramenta. Dentre outros aspectos, foi ressaltada a importante contribuição para uma análise de riscos mais abrangente na fase de desenvolvimento de projetos, visando gerar ações que melhorem as condições de saúde e segurança dos trabalhadores durante a construção do empreendimento através das técnicas de pré-fabricação, pré-montagem e modularização. Desta forma, os especialistas validaram a inclusão de todas as 8 (oito) questões à Categoria “Segurança” da ferramenta.

7.8 Etapa 8: Inclusão das Melhorias Propostas à Ferramenta de Seleção da Estratégia do Método Construtivo

A partir da versão original da ferramenta, foi desenvolvida uma versão modificada da Ferramenta de Seleção da Estratégia do Método Construtivo, que integra as questões propostas nos itens 7.6.1 e 7.6.2, de forma a proporcionar uma abordagem mais ampla dos aspectos de saúde e segurança, considerando também elementos de confiabilidade humana e de engenharia de resiliência. A versão modificada da ferramenta é apresentada na figura 26.

CII Strategic Decision Tool for PPMOF (Prefabrication, Preassembly, Modularization, and Off-site Fabrication)								
Detailed Questions of Strategic Level II Evaluation								
4. Segurança		Em que medida as seguintes questões de Segurança relacionadas poderiam ser desejáveis para a construção convencional (valor negativo) ou desejáveis para PPMOF (valor positivo), para o projeto em consideração?	Home					
Factor	Description	N/A	Pro Field Erect	Neutral		Pro PPMOF		
			-5	-2	0	+2	+5	
4,1	Local incomum ou região de riscos	Atividades offsite podem minimizar o trabalho em áreas de riscos do site e reduzir custos para proteção dos trabalhadores durante os trabalhos de métodos convencionais	<input type="radio"/>					
4,2	Continuidade de operações de instalações	A redução do número de trabalhadores e tipos de trabalhos manuais pode reduzir impactos sobre operações em andamento	<input type="radio"/>					
4,3	Densidade de mão de obra no site	A redução do número de trabalhadores e tipos de serviços manuais pode reduzir a exposição a riscos	<input type="radio"/>					
4,4	Risco elevado devido a altura, espaços confinados, ambientes tóxicos, etc.	A industrialização da construção pode reduzir a exposição de trabalhadores em áreas como altura elevada, ambientes escorregadios ou molhados ou valas. O uso da industrialização da construção tem o potencial de trazer uma grande parte do trabalho para um ambiente controlado no nível do terreno da obra	<input type="radio"/>					
4,5	Incentivos financeiros contratuais para melhores índices de segurança do projeto	Redução da exposição a riscos através da industrialização da construção pode proporcionar grandes oportunidades de incentivos financeiros associados com segurança	<input type="radio"/>					
4,6	Redução dos custos de seguro	Redução da exposição a riscos através da industrialização da construção pode justificar a redução dos custos de seguro	<input type="radio"/>					
4,7	Elevação de cargas pesadas	Industrialização da construção pode envolver elevação de cargas pesadas, exigindo um planejamento de segurança adicional	<input type="radio"/>					
4,8	Normatização das tarefas	Industrialização da construção permite reduzir a quantidade de procedimentos e normatização das tarefas de trabalho.	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>				
4,9	Sobrecarga de trabalho	Industrialização da construção permite reduzir o número de horas extras não planejadas	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>				
4,10	Condições inadequadas do local de trabalho	Industrialização da construção permite reduzir o percentual de acidentes e incidentes, cuja causa está relacionada com as condições não adequadas do local de trabalho	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>				
4,11	Qualificação da mão de obra	Industrialização da construção possibilita aumento do emprego de mão de obra com maior qualificação para realização das tarefas	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>				
4,12	Situações de estresse	Industrialização da construção permite minimizar situações de estresse que levam a distrações na execução das tarefas realizadas no local de trabalho	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>				
4,13	Aprendizado com os acidentes ocorridos	Na industrialização da construção, a experiência de outras organizações permite o aprimoramento de métodos de trabalho e a prevenção de incidentes e acidentes	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>				
4,14	Comprometimento da alta direção com a segurança	A aplicação da industrialização da construção permite demonstrar maior comprometimento da alta direção com os aspectos de saúde e segurança, através da maior disponibilidade de recursos financeiros (CapEx) necessários para adoção do método construtivo definido	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>				
4,15	Dinamicidade no controle dos riscos e antecipação aos problemas	A aplicação da industrialização possibilita estudos para identificação de novos métodos de avaliação de riscos e os resultados podem ser utilizados para o desenvolvimento de novas práticas de gerenciamento da saúde e segurança	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>				
Please click on the right arrow and move to the next category of detailed questions.			Final Score	Average Raw Score	4,67			

Figura 26 - Categoria “Segurança” (versão modificada)

Fonte: Autor, 2012

7.9 Etapa 6: Testes de Aceitação

Por fim, foi realizado um teste-piloto, visando comparar a aplicação das duas versões da ferramenta em um escopo específico de um empreendimento de projetos de capital, com o objetivo de avaliar o grau de otimização da ferramenta de *trade-off* da estratégia do método construtivo.

Promoveu-se, como teste-piloto, a aplicação das duas versões da ferramenta (original e modificada) em um escopo específico de um empreendimento de projetos de capital e avaliou-se os resultados, com vistas a verificar o grau de otimização da ferramenta de *trade-off* da estratégia do método construtivo.

O escopo do projeto que foi utilizado como amostra para aplicação da ferramenta é a construção de um transportador de correia em uma unidade de beneficiamento de minério de ferro.

As informações e premissas importantes do projeto são:

- Existência de apenas uma rodovia estadual como único acesso rodoviário para o local de implantação do empreendimento;
- Pouca disponibilidade de áreas para canteiros de obra no *site*;
- Necessidade de se manter o mínimo possível de pessoas no canteiro;
- Existência de incentivos fiscais locais para o uso de mão de obra local;
- Não há grande disponibilidade de fornecedores locais que atendam aos requisitos de: produção, experiência e qualidade dos serviços de industrialização;
- Principal diretriz é Custo.

O item 7.9.1 apresenta os resultados obtidos na aplicação das duas versões (original e modificada) da Ferramenta de Seleção da Estratégia do Método Construtivo:

7.9.1 Aplicação da versão original da ferramenta

Primeiramente, a equipe de especialistas que participou da aplicação da ferramenta ao escopo de projeto em análise preencheu, de acordo com a análise das premissas e experiência do grupo, os fatores de ponderação (*Weight Factor*), para cada uma das 10 (dez) categorias:

prazo, custo, trabalho, segurança, atributos do site, sistema mecânico, tipo de projeto, tipo de contrato, projeto de engenharia, transporte e requisitos de elevação de cargas e capacidade de fornecedor. Os fatores de ponderação são utilizados para definir a importância das categorias analisadas e estes fatores podem variar entre 0 e 5, sendo mais importantes quanto maior for o valor atribuído. À Categoria “Segurança”, a equipe atribuiu como fator de ponderação o valor “5”. Em seguida, foi atribuída pontuação para as descrições de tópicos de cada categoria. Após o preenchimento de cada uma das dez categorias e atribuição da pontuação a todos os respectivos tópicos relacionados, a nota média final da categoria foi validada pela equipe de especialistas. A coluna *Weighted Score* apresenta a pontuação média alcançada pelo escopo de projeto analisado. A pontuação média de cada categoria (*Average Raw Score*) e os respectivos fatores de ponderação estão apresentados no quadro resumo da aplicação da versão original da ferramenta, conforme mostrado na figura 27.

As fórmulas de cálculo utilizadas pela ferramenta para cada uma das 10 (dez) categorias de avaliação são apresentadas a seguir:

$$\text{Average Raw Score} = \sum (\text{Pontuação dos tópicos}) / 8$$

$$\text{Weight Factor Percent} = \text{Weight Factor} / \sum (\text{Weight Factor})$$

$$\text{Weighted Score} = \text{Average Raw Score} * \text{Weight Factor Percent}$$

A nota final “2,15” (*Weighted Score*) significa que o escopo analisado possui características que favorecem a Industrialização da Construção, visto que, conforme o item 6.1.3.5, valores positivos altos (entre 2 e 5) indicam que a adoção de estratégias de industrialização são mais fortemente recomendadas.

A avaliação apresentada em valores percentuais na coluna *Weight Factor Percent* demonstra que a categoria “Segurança”, considerando-se seu fator de ponderação, apresenta influência global e representatividade de 14% em relação às demais categorias analisadas com o auxílio da ferramenta, visto que foi atribuído ao fator de ponderação o valor “5” pela equipe de especialistas que participou da aplicação da ferramenta.

CII Strategic Decision Tool for PPMOF (Prefabrication, Preassembly, Modularization, and Off-site Fabrication)				
Summary of Strategic Level II Evaluation				
Project Name: Transportador de Correia		Data Date: outubro 26, 2012		
Evaluator: Equipe		Evaluation Date: outubro 27, 2012		
First, please assign numbers between 0 and 5 to the weight factor for each of the ten categories below.			What's the weight factor?	Weight factor percentage?
Category	Average Raw Score A	Weight Factor (0 to 5) B	Weight Factor Percent $C=B/\Sigma B$	Weighted Score $D=A*C$
1. Schedule	2,60	5	14%	0,37
2. Cost	1,40	4	11%	0,16
3. Labor	1,90	3	9%	0,16
4. Safety	3,75	5	14%	0,54
5. Site attributes	1,13	5	14%	0,16
6. Mechanical system	1,50	2	6%	0,09
7. Project and contract type	1,00	2	6%	0,06
8. Design	3,14	3	9%	0,27
9. Transportation and Lifting requirements	0,50	4	11%	0,06
10. Supplier capability	5,00	2	6%	0,29
Second, please click on the "Detailed Questions" and assess average raw scores for each category.		Detailed Questions	100%	2,15

Figura 27 – Resultados – Aplicação da versão original da ferramenta

Fonte: Autor, 2012

Em relação ao resultado final da Categoria “Segurança”, apresentado na figura 28, é importante ressaltar que o valor “3,75” representa 75% da pontuação total que pode ser atingida em cada uma das categorias da ferramenta. Este valor fez com que a contribuição da Categoria “Segurança” para a pontuação média alcançada pelo projeto analisado seja de 0,54, ou seja, é o maior valor de pontuação média dentre as categorias avaliadas, conforme apresentado na coluna *weighed score*, da figura 27. Dessa forma, verifica-se que a Categoria “Segurança” apresenta grande relevância, visto que representa 25,1% da nota final.

4. Segurança		Em que medida as seguintes questões de Segurança relacionadas poderiam ser desejáveis para a construção convencional (valor negativo) ou desejáveis para PPMOF (valor positivo), para o projeto em consideração?					Home		
Fator	Descrição	N/A	Pro Construção no Local	Neutro			Pro PPMOF		
			-5	-2	0	+2	+5		
4,1	Local incomum ou região de riscos	Atividades offsite podem minimizar o trabalho em áreas de riscos do site e reduzir custos para proteção dos trabalhadores durante os trabalhos de métodos convencionais	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
4,2	Continuidade de operações de instalações	A redução do número de trabalhadores e tipos de trabalhos manuais pode reduzir impactos sobre operações em andamento	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
4,3	Densidade de mão de obra no site	A redução do número de trabalhadores e tipos de serviços manuais pode reduzir a exposição a riscos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
4,4	Risco elevado devido a altura, espaços confinados, ambientes tóxicos, etc.	A industrialização da construção pode reduzir a exposição de trabalhadores em áreas como altura elevada, ambientes escorregadios ou molhados ou valas. O uso da industrialização da construção tem o potencial de trazer uma grande parte do trabalho para um ambiente controlado no nível do terreno da obra	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
4,5	Incentivos financeiros contratuais para melhores índices de segurança do projeto	Redução da exposição a riscos através da industrialização da construção pode proporcionar grandes oportunidades de incentivos financeiros associados com segurança	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
4,6	Redução dos custos de seguro	Redução da exposição a riscos através da industrialização da construção pode justificar a redução dos custos de seguro	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
4,7	Elevação de cargas pesadas	Industrialização da construção pode envolver elevação de cargas pesadas, exigindo um planejamento de segurança adicional	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Please click on the right arrow and move to the next category of detailed questions.									
			Final Score	Average Raw Score			3,75		

Figura 28 – Resultado da Categoria “Segurança” (versão original)

Fonte: Autor, 2012

7.9.2 Aplicação da versão modificada da ferramenta

Na aplicação da versão modificada da ferramenta, a equipe de especialistas seguiu a mesma sistemática do item anterior e atribuiu também ao fator de ponderação da Categoria “Segurança” o valor “5”, o que fez com que, da mesma forma que no caso da versão original da ferramenta, a categoria “Segurança” apresentasse influência global e representatividade de 14% em relação às demais categorias analisadas, conforme apresentado na coluna *weight factor percent* da figura 29.

Apresenta-se, abaixo, as fórmulas de cálculo utilizadas pela ferramenta para cada uma das 10 (dez) categorias de avaliação:

Average Raw Score = \sum (Pontuação dos tópicos) / 8

Weight Factor Percent = Weight Factor / \sum (Weight Factor)

Weighted Score = Average Raw Score * Weight Factor Percent

A nota final “2,28” demonstra que houve um incremento positivo, que indica aumento na tendência a favor da Industrialização da Construção, devido à incorporação dos quesitos relacionados aos aspectos de confiabilidade humana e resiliência.

CII Strategic Decision Tool for PPMOF (Prefabrication, Preassembly, Modularization, and Off-site Fabrication)				
Summary of Strategic Level II Evaluation				
Project Name: Transportador de Correia		Data Date: outubro 26, 2012		
Evaluator: Equipe		Evaluation Date: outubro 27, 2012		
First, please assign numbers between 0 and 5 to the weight factor for each of the ten categories below.			What's the weight factor?	Weight factor percentage?
Category	Average Raw Score A	Weight Factor (0 to 5) B	Weight Factor Percent C=B/ΣB	Weighted Score D=A*C
1. Schedule	2,60	5	14%	0,37
2. Cost	1,40	4	11%	0,16
3. Labor	1,90	3	9%	0,16
4. Safety	4,67	5	14%	0,67
5. Site attributes	1,13	5	14%	0,16
6. Mechanical system	1,50	2	6%	0,09
7. Project and contract type	1,00	2	6%	0,06
8. Design	3,14	3	9%	0,27
9. Transportation and Lifting requirements	0,50	4	11%	0,06
10. Supplier capability	5,00	2	6%	0,29
Second, please click on the "Detailed Questions" and assess average raw scores for each category.			Detailed Questions	100%
				2,28

Figura 29 – Resultados – Aplicação da versão modificada da ferramenta

Fonte: Autor, 2012

Em relação ao resultado final da Categoria “Segurança”, apresentado na figura 30, o valor “4,67” passou, neste caso, a representar 93,4% da pontuação total que pode ser atingida em cada uma das categorias da ferramenta e fez com que a contribuição da Categoria

“Segurança” para a pontuação média alcançada pelo projeto analisado seja de “0,67”, ou seja, é o maior valor de pontuação média dentre as categorias avaliadas, conforme apresentado na coluna *weighed score* da figura 29. Dessa forma, verifica-se que a Categoria “Segurança” apresenta relevância ainda maior, em comparação com a versão original da ferramenta, visto que esta categoria representa 29,4% da nota final para o escopo analisado, ou seja, um incremento de 4,3 pontos percentuais.

CII Strategic Decision Tool for PPMOF (Prefabrication, Preassembly, Modularization, and Off-site Fabrication)								
Detailed Questions of Strategic Level II Evaluation								
4. Segurança		Em que medida as seguintes questões de Segurança relacionadas poderiam ser desejáveis para a construção convencional (valor negativo) ou desejáveis para PPMOF (valor positivo), para o projeto em consideração?	Home					
Factor	Description	N/A	Pro Field Erect		Neutral		Pro PPMOF	
			-5	-2	0	+2		+5
4,1	Local incomum ou região de riscos	Atividades offsite podem minimizar o trabalho em áreas de riscos do site e reduzir custos para proteção dos trabalhadores durante os trabalhos de métodos convencionais	<input type="radio"/>					
4,2	Continuidade de operações de instalações	A redução do número de trabalhadores e tipos de trabalhos manuais pode reduzir impactos sobre operações em andamento	<input type="radio"/>					
4,3	Densidade de mão de obra no site	A redução do número de trabalhadores e tipos de serviços manuais pode reduzir a exposição a riscos	<input type="radio"/>					
4,4	Risco elevado devido a altura, espaços confinados, ambientes tóxicos, etc.	A industrialização da construção pode reduzir a exposição de trabalhadores em áreas como altura elevada, ambientes escorregadios ou molhados ou valas. O uso da industrialização da construção tem o potencial de trazer uma grande parte do trabalho para um ambiente controlado no nível do terreno da obra	<input type="radio"/>					
4,5	Incentivos financeiros contratuais para melhores índices de segurança do projeto	Redução da exposição a riscos através da industrialização da construção pode proporcionar grandes oportunidades de incentivos financeiros associados com segurança	<input type="radio"/>					
4,6	Redução dos custos de seguro	Redução da exposição a riscos através da industrialização da construção pode justificar a redução dos custos de seguro	<input type="radio"/>					
4,7	Elevação de cargas pesadas	Industrialização da construção pode envolver elevação de cargas pesadas, exigindo um planejamento de segurança adicional	<input type="radio"/>					
4,8	Normatização das tarefas	Industrialização da construção permite reduzir a quantidade de procedimentos e normatização das tarefas de trabalho.	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>				
4,9	Sobrecarga de trabalho	Industrialização da construção permite reduzir o número de horas extras não planejadas	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>				
4,10	Condições inadequadas do local de trabalho	Industrialização da construção permite reduzir o percentual de acidentes e incidentes, cuja causa está relacionada com as condições não adequadas do local de trabalho	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>				
4,11	Qualificação da mão de obra	Industrialização da construção possibilita aumento do emprego de mão de obra com maior qualificação para realização das tarefas	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>				
4,12	Situações de estresse	Industrialização da construção permite minimizar situações de estresse que levem a distrações na execução das tarefas realizadas no local de trabalho	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>				
4,13	Aprendizado com os acidentes ocorridos	Na industrialização da construção, a experiência de outras organizações permite o aprimoramento de métodos de trabalho e a prevenção de incidentes e acidentes	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>				
4,14	Comprometimento da alta direção com a segurança	A aplicação da industrialização da construção permite demonstrar maior comprometimento da alta direção com os aspectos de saúde e segurança, através da maior disponibilidade de recursos financeiros (CapEx) necessários para adoção do método construtivo definido	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>				
4,15	Dinamicidade no controle dos riscos e antecipação aos problemas	A aplicação da industrialização possibilita estudos para identificação de novos métodos de avaliação de riscos e os resultados podem ser utilizados para o desenvolvimento de novas práticas de gerenciamento da saúde e segurança	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>				
Please click on the right arrow and move to the next category of detailed questions.			Final Score	Average Raw Score	4,67			

Figura 30 – Resultado da Categoria “Segurança” (versão modificada)

Fonte: Autor, 2012

8 CONCLUSÕES E PROPOSTA PARA TRABALHOS FUTUROS

Considerando que as características e premissas do projeto permaneceram inalteradas para a aplicação das duas versões da ferramenta e que, conseqüentemente, a influência global e representatividade das demais categorias analisadas não sofreram qualquer mudança, a nota final passou de “2,15” para “2,28” devido à incorporação dos quesitos relacionados aos aspectos de confiabilidade humana e resiliência.

Em ambos os casos, contudo, devido ao valor próximo de 2,00 conclui-se que há fatores ligados às demais categorias que podem dificultar a industrialização da construção. Estes fatores devem ser analisados e os pontos fracos devem ser mitigados através de ações adequadas que possam ser incorporadas à estratégia escolhida para industrialização da construção. A princípio, o aumento de 6,05% na nota final pode parecer inexpressivo. Porém, com a integração das questões propostas no item 7.3 à categoria “Segurança” da versão original da ferramenta, além do resultado final ter passado a indicar ainda mais uma tendência positiva de industrialização da construção, conclui-se que os principais benefícios a serem destacados em função da incorporação dos quesitos à ferramenta são:

- Agregar à ferramenta subsídios importantes relacionados à confiabilidade humana e engenharia de resiliência, que passarão a ser considerados durante a concepção dos novos projetos de capital na empresa de mineração;
- Contribuir para que o planejamento da execução do método construtivo, no que tange às ações relacionadas à segurança dos trabalhadores durante a construção do empreendimento, inclua medidas de controle dos riscos que considerem também os aspectos de confiabilidade humana e resiliência;
- Contribuir para a melhoria da percepção de riscos dos projetistas, da liderança do empreendimento e dos profissionais de saúde e segurança envolvidos, o que, a médio e longo prazos, trará um novo olhar sobre os métodos de construção convencionais atualmente aplicados.

Além disso, espera-se que, a partir da integração das questões propostas, o planejamento da execução do método construtivo, no que tange às ações relacionadas à segurança dos trabalhadores durante a construção do empreendimento, inclua medidas de controle dos riscos que considerem também os aspectos de confiabilidade humana e resiliência.

Como contribuição para pesquisas futuras sugere-se que se promova o acompanhamento e registro em banco de dados dos resultados da aplicação de ambas as versões da ferramenta a

casos reais de projetos em fase de desenvolvimento.

Além disso, visando auxiliar a empresa de mineração a implementar o PPMOF, sugere-se que seja desenvolvido e incorporado à ferramenta um módulo que possibilite indicar, dentre as possíveis alternativas de industrialização da construção de um determinado empreendimento, aquela que seja mais adequada, considerando, principalmente, os fatores relacionados à segurança da estratégia de construtibilidade a ser definida para execução do projeto.

Recomenda-se ainda que, tendo como modelo de referência a Ferramenta de Seleção da Estratégia do Método Construtivo, seja desenvolvida uma ferramenta que possa auxiliar empresas de outras áreas de negócio a analisar, estruturar e melhorar as metodologias operacionais em seus respectivos processos produtivos, incorporando também questões de saúde relacionadas à confiabilidade humana e resiliência.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDELHAMID, T.S.; PATEL, B.; HOWELL, G.A. *Signal Detection Theory: enabling work near the edge*. In: Annual Conference on Lean Construction. Proceedings. Blacksburg: Virginia Tech, 2003. Vol. 11.

AMALBERTI, R. *La conduite de systèmes à risques*. Paris: Press Universitaires de France. 1996.

BALDWIN, S.R. *Pre-Project Construction Safety Planning*. USA: ASSE. 2006.

BEA, R. G. *Human and organization factors: engineering operating safety into offshore structures*. USA: Reliability Engineering and System Safety, 1998. Vol. 61, p. 109-126.

BEHM, M. *Linking construction fatalities to design for construction safety concept*. USA: The Center to Protect Worker's Rights. 2006. p. 1-19.

BEHM, M. *An Analysis of Construction Accidents from a design Perspective*. *Safety Science*, USA: The Center to Protect Worker's Rights. 2005. v. 43, p. 589-611.

CALIXTO, E.; SCHIMITT, W.. *Análise Ram do projeto Cenpes II*. Petrobras. Rio de Janeiro. 2005.

CAMERON, I.; DUFF R.; HARE B. *Integrated gateways: planning out health & safety risk*. HSE, U.K: Emerald Group Publishing Limited. 2004.

CELLIER, J. M. *L' Erreur Humaine dans le Travail*. In J. LEPLAT & G. TERSSAC, *Les Facteurs Humaines de la Fiabilité dans les Systems Complexes*. Marseille: Editions Octares, 1990. p. 193- 209.

CELLIER, J. M.; DE KEYSER, V.; VALOT, C. *La gestion du temps dans les environnements dynamiques*. Paris: Presses Universitaires de France. 1996.

DE CICCO, F.. *Manual sobre Sistemas de Gestão da Segurança e Saúde no Trabalho*. São Paulo: Risk Tecnologia. 1995. Vol I.

Id. *Custos de acidentes*. São Paulo: Fundacentro, 1988.

DEEMER, G. R. *Modularization reduces cost and unexpected delays."* *Hydrocarbon Processing*. 1996.

DE KEYSER, V. *O Erro Humano*. In J. J. Castillo & J. Villena. *Ergonomia – Conceitos e Métodos*. Tradução de A. Reis & V. Rodrigues, (Capítulo original publicado em *Mundo Científico*, Vol. 99, 1990). São Paulo: Dinalivro. 2005. p. 247-265.

DEKKER, S. *The field guide to human error investigations*. London: Ashgate, 2002.

Id. *Sidney Dekker's position statement*. In: Resilience Engineering Symposium, London: Anais, 2004.

DET NORSKE VERITAS S.A. *MSM2 – Understanding Management Systems*, Textbook, NORWAY: DNV, 2003. REV. 2.0.

DUPONT BRASIL. *Apostila de Análise de Riscos em Processos*. Brasil: Dupont, 2004.

EICKMANN, J. A. *Prefabrication and Preassembly Trends and Effects on the Construction Workforce*. USA: The University of Texas at Austin, 1999.

EPRI. *Business Performance Indicators for Nuclear Asset Management*. USA: Electric Power Research Institute, 2006.

EVERETT, J.; THOMPSON, W. *Experience modification rating for workers' compensation insurance*. USA: Journal of Construction Engineering and Management, v. 1995. 121, n. 1.

FADIER, E. *L'état de l'art dans le domaine de la Fiabilité Humaine*. Toulouse: Editions Octares, 1994. 1^a ed.

FERA, M; MACCHIAROLI, R. *Appraisal of a new risk assessment model for SME*. USA: Safety Science. 2010. Ed. 48, p. 1361–1368.

FRIJTERS, A. C. P.; SWUSTE, P. H. J. J. *Safety assessment in design and preparation phase*. Netherlands: Safety Science. 2008. v. 46, p. 272-281.

GAMBATESE, J. A. *Research issues in prevention through design*. USA: Journal of Safety Research. 2008. v. 39, p. 153-156.

GAMBATESE, J.; HINZE, J. *Addressing construction worker safety in the design phase – Designing for construction worker safety*. USA: Automation in Construction. 1999. v. 8, p. 643-649.

GUIMARÃES, L. B. M.; COSTELLA, M. F. *Segurança no trabalho: acidentes, cargas e custos humanos*. In: GUIMARÃES, L. B. M. Ergonomia de Processo. Porto Alegre: PPGEP/UFRGS, 2004. v. 2, 4^a ed. Cap. 4.

HAAS, C. T., O'CONNOR, J. T., TUCKER, R. T., EICKMANN, J. A., AND FAGERLUND, W. R. *Prefabrication and Preassembly Trends and Effects on the Construction Workforce*. Report No. 14. Center for Construction Industry Studies, The University of Texas at Austin. 2000.

HAAS, C. T., FAGERLUND, W. R., *Preliminary Research on Prefabrication, Preassembly, Modularization and Off-Site Fabrication in Construction*. The Department of Civil Engineering The University of Texas at Austin. 2002.

HAGAN, P. Montgomery; O'REILLY, J. *Accident Prevention Manual for Business and Industry: Engineering and technology*. Itasca, IL: National Safety Council, 2001. 12th Edition.

HOLLNAGEL, E. *Barrier analysis and accident prevention*. UK: Ashgate, 2004.

HOLLNAGEL, E., WOODS, D. D. & LEVESON, N. *Resilience engineering: Concepts and precepts*. UK: Ashgate, 2006.

HORNADAY, W. C. *Computer Aided Planning for Construction Heavy Lifts*. USA: The University of Texas at Austin, 1992.

HSIEH, T. Y. *The Economic Implications of Subcontracting Practice on Building Prefabrication*. USA: Automation in Construction, 1997. Ed. 6(3).

INTERNATIONAL LABOUR OFFICE (ILO), *Safety and health in building and civil engineering work*. Geneva: International Labour Office, 1985.

INDEPENDENT PROJECT ANALYSIS (IPA), 2004.

JENSEN, P.; QUINLAN, M.; WILTHAGEN, T. *Systematic Occupational Health and Safety Management. Perspectives on an International Development*. Amsterdam: Pergamon. 2000. pp 447-473.

KARMIS, M. *Mine health and safety management*. USA: SME, 2001.

LAPA, R. P. *Gestão de segurança do trabalho*. Brasil: Fundação Dom Cabral, 1999.

LEVESON, N. *A New Accident Model for Engineering Safer Systems*. USA: Safety Science, 2004. vol.42, n.4, p.237-270.

LEVITT, R.; SAMELSON, N. *Construction safety management*. New York: John Wiley, 1994.

LINDSAY, F. D. *Successful health & safety management. The contribution of management towards safety*. USA: Safety Science, 1992. Vol. 15, pp 387-402.

MANU, P. et al. *An approach for determining the extent of contribution of construction project features to accident causation*. USA: Safety Science. 2010. v. 48, p. 687-692.

MARZAL, E. M; SCHARPF, E. *Safety integration Level selection. Systematics methods including layer of protection Analysis*. USA: The Instrumentation, systems and Automation Society. 2002.

MASCHIO, A. *Gerenciamento de riscos e segurança: aplicabilidade e importância para o sucesso de projetos*. Porto Alegre: Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2007. 144 p.

MIGUEL, A. S. *Manual de Higiene e Segurança do Trabalho*. Portugal: Porto Editora Ltda, 1998. 4a ed.

MULVA, S. P. *Best Practices Impacts on Construction Project Costs*. USA: The University of Texas at Austin, 1996.

MURTAZA, M.; FISHER, D. J.; SKIBNIEWSKI, M. *Knowledge-Based Approach to Modular Construction Decision Support*. USA: Journal of Construction Engineering and Management, 1993. Ed 1. p. 119.

MURTAZA, M.; FISHER, D. J. *Neuromodex - Neural Network System for Modular Construction Decision Making*. USA: Journal of Computing in Civil Engineering. 1994.

NATIONAL INSTITUTE FOR OCUPACIONAL SAFETY AND HEALTH (NIOSH).

NATIONAL OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY COMMISSION (NOHSC). *OHS Performance Measurement in the Construction Industry: development of Positive Performance Indicators*. Canberra: AusInfo, 1999.

OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH ADMINISTRATION (OSHA).

PACHECO, W. J. *Qualidade na segurança: Série SHT 9000, normas para a gestão e garantia da segurança e higiene do trabalho*. São Paulo: Atlas. 1995.

PMI, PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide)*. Pennsylvania: Project Management Institute, Inc., 2004. 3 ed.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, *GUIA PMOBK*. São Paulo: SARAIVA, 2012. 4ª Ed.

RASMUSSEN, J. *Information Processing and Human-Machine Interaction. An Approach to Cognitive Engineering* New-York: North-Holland, 1986. Vol. 12.

Id. *Cognitive Control and Human Error Mechanisms*. In J. Rasmussen, K. Duncan & J. Leplat, *New Tecnology and Human Error* Chichester: John Wiley & Sons, 1987. p. 53-61.

Id. *Risk management in a dynamic society: a modeling problem*. USA: Safety Science, 1997. v.27, n.2/3, p. 183-213.

RASMUSSEN, J.; PETERSEN, A.; GOODSTEIN, L. *Cognitive systems engineering*. New York: John Wiley & Sons. 1994.

RASMUSSEN, J.; SVEDUNG, I. *Proactive Risk Management in a Dynamic Society*. Swedish: Swedish Rescue Services Agency, 2000.

REASON, J. *Human error*. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.

REASON, J. *Managing the risks of organizational accidents*. London: Ashgate: Burlington. 1997. p 252.

REASON, J. *Safety paradoxes and safety culture*. London: Ashgate: Injury Control and Safety Promotion, 2000. V. 7, N. 1, pp. 3-14.

REASON, J.; PARKER, D.; LAWTON, R. *Organizational controls and safety: the varieties of reul-related behaviour*. USA: Journal of Occupational and Organizational Psychology. 1998. v. 71, p. 289.

REASON, J. *L'erreur humaine*. Tradução de J. M. Hoc.. Paris: Presses Universitaires de France. 1993.

ROMANO, F. *Modelo de referência para o gerenciamento do processo de projeto integrado de edificações*. São Paulo: Revista Gestão & Tecnologia de Projetos. 2006. Vol. 1, no. 1.

SANDOM, C. & HARVEY, R. S. *Human Factors for Engineers*. London: The Institution of Electrical Engineers, 2004.

SCHERINGER, M., T. VÖGL, J. VON GROTE, B. CAPAUL, R. SCHUBERT AND K. HUNGERBUHLER. USA: *Risk Analysis* 2001. Ed. 21(3): p. 481-497.

SHAW, A.; BLEWETT, V. *Measuring performance in OHS: using positive performance indicators*. Australia and New Zealand: Journal of Occupational Health and Safety. 1995. Ed. 11(4), p. 353-358.

SHAW, A ; BLEWETT, V. *What works? The strategies which help to integrate OHS management within business development and the role of the outsider*. In: FRICK, K.; JENSEN, P.; QUINLAN, M.; WILTHAGEN, T. *Systematic Occupational Health and Safety Management. Perspectives on an International Development*. Amsterdam: Pergamon. 2000. p. 447-473. 2000.

SHERIDAN, T. *Risk, Human Error, and System Resilience: Fundamental Ideas*. USA: Human Factors. 2008. v.50, n.3, p. 418-426.

STOLKER, R.; KARYDAS, D.; ROUVROYE, J. *A Comprehensive Approach to Assess Operational Resilience*. In: HOLLNAGEL, E.; PIERI, F.; RIGAUD, E. *Proceedings of the Third Resilience Engineering Symposium*. France: École des Mines de Paris. 2008.

SZYMBERSKI, R. *Construction project safety planning*. USA: Tappi Journal., November 1997. v. 80, n. 11.

TATUM, C. B.; VANEGAS, J. A.; AND WILLIAMS, J. M. *Constructability Improvement Using Prefabrication, Preassembly, and Modularization*. SD-25. USA: Construction Industry Institute, The University of Texas at Austin, 1987.

TOOLE, T. M.; GAMBATESE, J. *The trajectories of prevention through design in construction*. Journal of Safety Research, USA: Journal of Safety Research . 2008. v. 39, p. 225-230.

VANEGAS, J. A. & HASTAK, M. *A Multimedia Decision Support System for Evaluating the Use of Modularization in Industrial Construction*. USA: Computing in Civil Engineering. 1995.

WARSAWSKI, A. *Industrialization and Robotics in Building*. USA: Construction Industry Institute, The University of Texas at Austin, 1990.

WOODS, D.; WREATHALL, J. *Managing Risk Proactively: The Emergence of Resilience Engineering*. Columbus: Ohio University, 2003.

WOODS, D. *Creating Foresight: How Resilience Engineering Can Transform NASA's Approach to Risky Decision Making*. Washington, D.C.: US Senate Testimony for the Committee on Commerce, Science and Transportation. 2003.

WREATHALL, J. *Properties of Resilient Organizations: An Initial View*. In: HOLLNAGEL, E.; WOODS, D.; LEVESON, N. *Resilience Engineering: Concepts and Precepts*. UK: Ashgate, 2006. Cap. 17, p. 258-268.

GLOSSÁRIO

Acidente: incidente que resultou em lesão, doença ou fatalidade.

Average Raw Score: pontuação média de cada categoria considerada na Ferramenta de Seleção da Estratégia do Método Construtivo.

CaPEX: fundos utilizados para a aquisição ou implantação de ativos físicos.

FEL: Metodologia de desenvolvimento de projetos que visa estruturar o desenvolvimento em fases – com a definição de produtos específicos voltados a fornecer maior previsibilidade, competitividade e redução de potenciais mudanças tardias.

Incidente: Evento relacionado ao trabalho no qual uma lesão ou doença (independentemente da gravidade) ou fatalidade ocorreu ou poderia ter ocorrido. Um incidente no qual não ocorre lesão, ou fatalidade pode também ser denominado um "quase-acidente", "quase-perda", "ocorrência anormal" ou "ocorrência perigosa". Uma situação de emergência é um tipo particular de incidente

Perigo: fonte ou situação com potencial de provocar danos em termos de ferimentos humanos ou problemas de saúde, danos à propriedade, ao ambiente, ou uma combinação destes fatores.

Projetos de Capital: investimento com o propósito de criar, modificar ou reformar um ativo de produção. Pode ser a construção de uma nova planta, uma expansão ou uma reforma em um ativo existente. Para fins de padronização, as expressões “empreendimento” e “projeto de capital” devem ser consideradas sinônimas.

Risco: combinação da probabilidade e consequência de ocorrer um evento perigoso especificado.

Trade-off: expressão que define uma situação em que há conflito de escolha. Ele se caracteriza em uma ação econômica que visa à resolução de problema mas acarreta outro, obrigando uma escolha. Ocorre quando se abre mão de algum bem ou serviço distinto para se obter outro bem ou serviço distinto.

Weight Factor Percent: percentual de influência global e representatividade de cada categoria em relação às demais categorias Ferramenta de Seleção da Estratégia do Método Construtivo.

Weight Factor: fator de ponderação de cada categoria da Ferramenta de Seleção da Estratégia do Método Construtivo.

Weighted Score: pontuação média alcançada pelo projeto analisado pela Ferramenta de Seleção da Estratégia do Método Construtivo.

APÊNDICES

Avaliação da Ferramenta <i>CII Strategic Decision Tool for PPMOF</i> Trade-off da Estratégia do Método Construtivo						
Identificação do Avaliador						
Formação Acadêmica:			Tempo de Formação:			
Cargo Atual:			Tempo no Cargo:			
Área de Atuação Atual:						
Tempo de experiência na aplicação da ferramenta:						
Indique para cada afirmativa abaixo a resposta mais adequada de acordo com sua avaliação individual e comente suas respostas.						
Nº	Afirmativa	Concordo Plenamente	Concordo	Indiferente	Discordo	Discordo Plenamente
1	A ferramenta apresenta facilidade de aplicação.	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione
	Comente sua resposta:					
2	A ferramenta atende plenamente aos objetivos propostos.	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione
	Comente sua resposta:					
3	A equipe de profissionais que participa da aplicação da ferramenta está adequadamente dimensionada.	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione
	Comente sua resposta:					
4	As categorias de avaliação que constituem a ferramenta são suficientes para atender aos objetivos propostos.	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione
	Comente sua resposta:					
5	As informações apresentadas no Relatório de Extremos são suficientes para estabelecer ações de mitigação de riscos ou captura de oportunidades de adoção do método.	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione
	Comente sua resposta:					
6	Todas as categorias avaliadas pela ferramenta apresentam a mesma relevância para tomada de decisão sobre a estratégia do método construtivo.	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione
	Comente sua resposta:					
7	As descrições de tópicos da Categoria "Segurança" são adequadas para suportar a avaliação em relação aos fatores específicos considerados.	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione
	Comente sua resposta:					
8	Os fatores que constituem a Categoria "Segurança" são suficientes para avaliar todos os riscos a que os trabalhadores ficam expostos pela industrialização da obra.	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione
	Comente sua resposta:					
9	A eficácia da ferramenta depende fundamentalmente da experiência técnica da equipe de profissionais que participa da aplicação.	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione
	Comente sua resposta:					
10	O momento mais indicado para aplicação da ferramenta é no final de FEL 2 ou início de FEL 3.	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione
	Comente sua resposta:					

Apêndice 1
Questionário de Avaliação

Respostas ao Questionário de Avaliação (%)					
Questão	Concordo Plenamente	Concordo	Indiferente	Discordo	Discordo Plenamente
1	42,86	57,14			
2	14,28	71,43	14,28		
3	14,28	71,43	14,28		
4	28,57	71,43			
5	14,28	57,14	14,28	14,28	
6		71,43	14,28	14,28	
7	42,86	42,86		14,28	
8	28,57	42,86	14,28		
9	71,43	14,28	14,28		
10	57,14	28,57	14,28		

Apêndice 2
Respostas ao Questionário