

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
MESTRADO PROFISSIONALIZANTE EM ENGENHARIA**

**SISTEMÁTICA PARA AVALIAÇÃO DOS CUSTOS DE CONSTRUÇÃO DE
PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS**

Alexandre Domingues Thomé

Porto Alegre

2004

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
MESTRADO PROFISSIONALIZANTE EM ENGENHARIA**

**SISTEMÁTICA PARA AVALIAÇÃO DOS CUSTOS DE CONSTRUÇÃO DE
PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS**

Alexandre Domingues Thomé

Trabalho de Conclusão do Curso de Mestrado
Profissionalizante em Engenharia como requisito
parcial à obtenção do título de Mestre em
Engenharia – modalidade Profissionalizante –
Ênfase Qualidade

Orientador: Professor Dr. Francisco José Kliemann Neto

Porto Alegre

2004

Este Trabalho de Conclusão foi analisado e julgado adequado para a obtenção do título de Mestre em Engenharia e aprovado em sua forma final pelo Orientador e pelo Coordenador do Mestrado Profissionalizante em Engenharia, Escola de Engenharia - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Prof. Francisco José Kliemann Neto, Dr.

Orientador PPGEP/UFRGS

Profa. Helena Beatriz Bettella Cybis, Dra.

Coordenadora MP/Escola de Engenharia/UFRGS

BANCA EXAMINADORA

Prof. Alvaro Gehlen de Leão, Dr.

PPGEP/UFRGS

Prof. Flavio Sanson Fogliatto, Dr. PhD

PPGEP/UFRGS

Profa. Márcia Elisa Echeveste, Dr^a.

PPGEP/UFRGS

DEDICATÓRIA

Aos meus pais e a minha esposa, pelo amor, carinho e estímulo que me ofereceram, dedico-lhes essa conquista como gratidão.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de externar os meus agradecimentos a todos que contribuíram para a realização deste trabalho. Em especial, agradeço:

Ao professor Francisco José Kliemann Neto, pela paciência, atenção e orientação nesta dissertação.

A todos os professores do PPGEF da Escola de Engenharia da UFRGS pelos ensinamentos.

À direção e aos funcionários da empresa escolhida para a realização deste trabalho, em especial os engenheiros Osmar Tessmer e Rodolfo de Souza Pinto, pelo auxílio e incentivo no desenvolvimento.

Agradeço aos amigos Alcení Joaquim Sérgio, José Eduardo Ceccarelli e Cassiana Kendra Maia, pelo incentivo na iniciação do curso de mestrado.

Agradeço a Maria Cristina Andrade da Silva pelo auxílio prestado na formatação do trabalho.

Agradeço a meus pais, Laércio e Regina, pela minha educação e formação. Sem eles, nada disso seria possível.

Agradeço a minha amada esposa Fernanda, pela compreensão e paciência, e principalmente por estar ao meu lado em todos os momentos difíceis nos últimos anos.

Agradeço também a meus filhos Victor e Cauã, e meu enteado Pedro. Toda a dedicação dispensada na elaboração deste trabalho será recompensada com muito carinho.

Finalmente, agradeço a Deus, por ter me dado forças e por permitir que eu chegasse ao cumprimento desta etapa de minha vida.

RESUMO

Esta dissertação discute o gerenciamento dos custos de construção de Pequenas Centrais Hidrelétricas – PCHs, apresentando uma sistemática para custeio das atividades componentes destes empreendimentos, baseada em parâmetros técnicos e parâmetros probabilísticos. Estes parâmetros foram determinados a partir da função Beta e da técnica PERT, em conjunto com a utilização de métodos aleatórios de sorteio. Para formulação desta sistemática, foi revisada a literatura sobre a gestão de projetos, que é baseada na estrutura do PMBOK, além da literatura sobre o setor de geração de energia elétrica mundial e o brasileiro. Foi verificado que a geração de energia no Brasil é dependente da hidreletricidade, e foi mostrado que há um crescimento nos investimentos em usinas de pequeno porte. A sistemática proposta é aplicada em um caso fictício de PCH com características técnicas reais, obtidas a partir de dados históricos de uma empresa de engenharia.

Palavras-chave: Gestão de projetos, custo, pequenas centrais hidrelétricas, geração de energia.

ABSTRACT

This dissertation discusses the cost management in constructions of Small Hydro Plants, introducing a systematic for the costing of the activities that compose these undertakings, based in technical and probabilistic parameters. These parameters were determined from the Beta function and the PERT technique, combined with the utilization of simulation random methods. For its elaboration, the literature about project management based on Project Management Body of Knowledge was reviewed, also the literature about world and brazilian electric energy generation market. It was verified that the energy generation in Brazil depends of the hydroelectricity and it was shown that there is an improvement in small hydro plants investments. The systematic its applied in a fiction case of small hydro plant with real technical characteristics obtained from historical data of engineering company.

Key word: Project management, cost management, small hydro plants, energy generation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Insumos para geração de energia elétrica – panorama mundial-----	p. 21
Figura 2 – Acréscimo de potência anual no sistema elétrico nacional (MW)-----	p. 25
Figura 3 – Acréscimo anual da capacidade instalada na geração (MW)-----	p. 26
Figura 4 – <i>Stakeholders</i> influenciados pelo projeto-----	p. 29
Figura 5 – Fases de um projeto-----	p. 32
Figura 6 – Níveis de decisão em uma organização-----	p. 33
Figura 7 – Estrutura organizacional funcional-----	p. 35
Figura 8 – Estrutura organizacional projetizada-----	p. 36
Figura 9 – Estrutura organizacional matricial-----	p. 37
Figura 10 – Estrutura analítica de projeto-----	p. 48
Figura 11 – Processos componentes do gerenciamento do prazo do projeto-----	p. 49
Figura 12 – Processos componentes do gerenciamento do custo do projeto-----	p. 53
Figura 13 – Linha base de custo-----	p. 56
Figura 14 – Análise do valor agregado-----	p. 57
Figura 15 – Processos componentes do gerenciamento da qualidade do projeto-----	p. 58
Figura 16 – Modelo de gestão da qualidade em projetos-----	p. 60
Figura 17 – Processos componentes do gerenciamento dos riscos do projeto-----	p. 62
Figura 18 – Processos componentes do gerenciamento das aquisições do projeto---	p. 67
Figura 19 – Empresas formadoras dos consórcios construtores de PCHs-----	p. 73
Figura 20 – Estrutura de divisão do projeto de PCHs – componentes principais-----	p. 75
Figura 21 – Seção esquemática da casa de força de uma PCH-----	p. 91
Figura 22 – Fluxograma para construção de PCHs-----	p. 97
Figura 23 – Fluxograma para custeio aleatório das atividades componentes-----	p. 100

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Influência da estrutura organizacional nos projetos-----	p. 38
Quadro 2 – Etapas do desenvolvimento da sistemática-----	p. 72
Quadro 3 – Estrutura final de divisão do projeto de PCHs-----	p. 77
Quadro 4 – Variáveis que influenciam o custo de implantação de uma PCH----	p. 92
Quadro 5 – Variação dos custos decorrentes das condições de execução, em R\$x1000-----	p. 95
Quadro 6 – Parâmetros técnicos e probabilísticos da PCH-----	p. 102

SUMÁRIO

RESUMO	5
ABSTRACT	6
LISTA DE FIGURAS	7
LISTA DE QUADROS	8
1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Tema e Justificativa	16
1.2 Objetivos	17
1.2.1 Objetivo Geral	17
1.2.2 Objetivos Secundários	17
1.3 Método	17
1.3.1 Método de Pesquisa	17
1.3.2 Método de Trabalho	18
1.4 Delimitações do Trabalho	19
1.5 Estrutura do Trabalho	19
2 GESTÃO DE PROJETOS DE ENERGIA ELÉTRICA	21
2.1 Histórico da Geração de Energia Elétrica	21
2.1.1 Panorama do Setor Elétrico Mundial	22
2.1.2 Mercado Brasileiro de Energia Elétrica	23
2.2 Gerenciamento de Projetos	27
2.2.1 Fases e Ciclo de Vida de um Projeto	30
2.2.2 As Estruturas Organizacionais de Empresas de Projetos	32
2.2.3 Desenvolvimento Integrado de Projetos	38

2.2.4	O Ambiente de Projetos-----	40
2.2.5	O PMI – Project Management Institute e a Gerência de Projetos-----	45
2.2.5.1	Gerenciamento da Integração do Projeto-----	46
2.2.5.2	Gerenciamento do Escopo do Projeto-----	47
2.2.5.3	Gerenciamento do Prazo do Projeto-----	49
2.2.5.4	Gerenciamento dos Custos do Projeto-----	53
2.2.5.5	Gerenciamento da Qualidade do Projeto-----	57
2.2.5.6	Gerenciamento dos Recursos Necessários ao Projeto-----	60
2.2.5.7	Gerenciamento das Comunicações do Projeto-----	61
2.2.5.8	Gerenciamento dos Riscos do Projeto-----	62
2.2.5.9	Gerenciamento das Aquisições do Projeto-----	66
2.3	Considerações Finais sobre o Capítulo-----	69
3	SISTEMÁTICA PROPOSTA PARA AVALIAÇÃO DOS CUSTOS DE	
	CONSTRUÇÃO DE PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS-----	71
3.1	Etapa 1 – Pré-Desenvolvimento-----	72
3.1.1	Fase 1 – Avaliação da Oportunidade-----	73
3.2	Etapa 2 – Desenvolvimento – Período de Conceituação-----	73
3.2.1	Fase 2 – Definição das Atividades-----	73
3.2.2	Fase 3 – Custeio das Atividades-----	76
3.2.2.1	Características que afetam os custos individuais das atividades-----	78
3.2.2.2	Condições de execução pessimista, otimista e mais provável das atividades-----	93
3.2.2.3	Formação dos prováveis custos das atividades considerando suas variantes-----	94
4	SIMULAÇÃO DE APLICAÇÃO DA SISTEMÁTICA PROPOSTA EM	96
	UMA PCH-----	
4.1	Etapa 2 – Desenvolvimento – Período de Aplicação-----	96

4.1.1	Fase 4 – Condições de Variabilidade da PCH a ser Licitada-----	96
4.1.2	Fase 5 – Método Aleatório de Custeio das Atividades-----	99
4.1.3	Fase 6 – Composição do Custo Global do empreendimento-----	101
4.2	Etapa 3 – Pós-Desenvolvimento-----	104
4.2	Considerações sobre a Sistemática Proposta-----	104
5	CONCLUSÃO-----	106
5.1	Conclusões-----	106
5.2	Recomendações para Trabalhos Futuros-----	108
	REFERÊNCIAS-----	109
	APÊNDICE A – RESULTADOS DA APLICAÇÃO DA SISTEMÁTICA PARA A PCH FICTÍCIA-----	115
	APÊNDICE B – LISTA DE SIGLAS-----	116
	ANEXO A – FLUXOGRAMA DE IMPLANTAÇÃO DE PCHs-----	117

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO

Nos tempos atuais, com os consumidores exigindo produtos e serviços de melhor qualidade e menor custo, cabe aos clientes ditar o sucesso das empresas. Isto faz com que as organizações vivam em permanente estado de mudança, e para sobreviverem devem interagir com seu meio através do atendimento ideal ao seu cliente e posicionamento adequado em seu mercado frente a seus concorrentes. Para isto, é necessário estarem sempre buscando a inovação, seja ela em seu produto, processo ou serviço.

Durante o século XX, as empresas de sucesso possuíam os melhores sistemas de *marketing* aliados a eficientes sistemas de administração, finanças, RH, produção e logística e tendo, sobre estes mesmos sistemas, um forte sistema de controle das operações de rotina. Nos últimos anos do século XX e início do século XXI, a sobrevivência e progresso das empresas passaram a depender também de sua capacidade de identificar e executar as mudanças estrategicamente (PRADO, 2003; RABECHINI e CARVALHO, 1999).

A administração ou gestão de projetos surgiu no período de grande expansão industrial do pós-guerra, e adquiriu a sua maioridade com os projetos de grande porte da indústria bélica e aeroespacial americana, responsáveis ainda hoje pelo estado da arte nessa área da administração. Com o passar do tempo, as técnicas de gestão de projetos foram utilizadas também em outros setores industriais e de prestação de serviços, sendo consideradas essenciais para o sucesso no desenvolvimento de um projeto.

A gestão de projetos vem assumindo papel importante nas organizações. Nas mais diversas áreas de aplicação, produtos e serviços novos são produzidos através de esforços temporários, denominados projetos. Trabalhos como a construção das pirâmides do Egito, a apresentação de uma peça de teatro, a realização dos Jogos Olímpicos, foram realizados através de projetos, com objetivos preestabelecidos a serem alcançados utilizando um planejamento bem feito, habilidade humana e coordenação para o seu sucesso. Nas últimas décadas, com o aumento do número de projetos executados, independentemente do seu porte, e do número de empresas atuando no setor, conseguem obter sucesso aquelas que executam os projetos com eficiência e qualidade.

Segundo Ohno (1988), eficiência na indústria moderna e nas empresas em geral significa redução de custos. A redução de custos deve ser o objetivo dos fabricantes de bens de consumo que busquem sobreviver no mercado, e atualmente a redução é difícil de ser obtida em função do baixo crescimento e alta competitividade. Para obter tal vantagem competitiva é necessário o desenvolvimento da habilidade humana, a fim de melhorar sua criatividade e operosidade, para utilizar bem instalações e máquinas e eliminar todo o desperdício. Fazendo-se uma analogia aos produtos sob encomenda, especificamente os projetos, a eficiência implica em executar o que foi planejado, mantendo o empreendimento dentro de padrões de qualidade, custo e prazos estabelecidos, e minimizando retrabalhos e desperdícios (CASAROTTO, 1999; OHNO, 1988; PRADO, 2003).

Até o surgimento da revolução industrial, a contabilidade de custos praticamente não existia, havendo apenas a necessidade de uma confrontação entre o preço de venda e o valor das compras para determinar a eficiência e lucratividade das organizações. Com o surgimento de grandes empresas de tecelagens, de grandes ferrovias e companhias siderúrgicas no século XIX, tornou-se necessária a utilização de sistemas de custos capazes de medir a eficiência dos processos internos das empresas, medindo o seu desempenho e auxiliando o controle e a tomada de decisões. Porém, nas décadas seguintes a 1920, a contabilidade de custos tornou-se uma ferramenta formatada para alimentar os demonstrativos externos da contabilidade financeira. Com os títulos das corporações cada vez mais em mãos do público, e as crises periódicas dos mercados de capitais, a demanda por demonstrativos financeiros

auditados aumentou. Dessa forma, a contabilidade de custos para controle e apoio à tomada de decisão ficou estagnada.

Com o significativo aumento de competitividade que vem ocorrendo nos mercados, os custos tornaram-se altamente relevantes quando da tomada de decisões em uma empresa em geral e em empresas de projetos em particular (OSIRO, 2001; JOHNSON e KAPLAN, 1993).

Inserida neste cenário de desenvolvimento, a área de geração de energia é um mercado em crescimento constante. A energia elétrica está presente na vida de todos os cidadãos, e essa afirmação pode ser mais bem entendida em períodos de crise energética, como a que ocorreu no Brasil recentemente. Independentemente das discussões sobre como se chegou a tal desproporção entre demanda e oferta de energia, não se deve esquecer que a energia elétrica é, acima de tudo, um negócio de bilhões de reais. E como em qualquer outro negócio, há a necessidade das empresas envolvidas no processo de planejar e desenvolver seus trabalhos visando um objetivo futuro.

Também cabe ressaltar que é um negócio em expansão, tendo em vista o crescimento da demanda residencial, decorrente do crescimento demográfico, bem como do industrial, decorrente da retomada, ainda que lenta, do crescimento da economia do país.

A atual dependência que o ser humano tem da utilização cotidiana da eletricidade torna o setor elétrico de qualquer país em fator estratégico fundamental para atingir o crescimento sustentável e promover uma sociedade mais justa, educada e geradora de cultura própria (ABREU, 2003).

O mercado de consumidores de energia elétrica é o termômetro do crescimento da economia mundial. Quando os mercados econômicos mostram sinais de crescimento e expansão, há um conseqüente aumento na demanda por energia impulsionada pelo crescimento do número de postos de trabalho, maior número de empresas atuando nos mercados, aumento do poder aquisitivo dos consumidores, novas tecnologias dos produtos. A geração de eletricidade para concessionárias, indústria e comércio é essencial para o crescimento sustentável de um país.

Historicamente os grandes potenciais hidrelétricos dentro do território nacional foram sendo explorados. No período em que o governo atuava como responsável pela construção e viabilização das Usinas Hidrelétricas, obras de grande porte e complexidade foram colocadas em operação, o que garantiu o suprimento das demandas por energia durante todos estes anos. Estas obras de alto grau de complexidade contribuíram ainda para o desenvolvimento tecnológico dos profissionais brasileiros, incentivando e impulsionando os investimentos em novas hidrelétricas, porém os estudos sobre maneiras alternativas a geração de energia ficaram sem grandes investimentos.

Durante décadas, serviços e produtos como a eletricidade, petróleo, água potável e esgoto, foram controlados pelas organizações governamentais, que nos últimos anos têm se retirado destas atividades, atuando como reguladores, e cabendo a iniciativa privada a função de provedora destas utilidades (ALCAIDE, 2003).

Nos tempos atuais, após a privatização do setor elétrico, seguindo uma tendência mundial, o governo brasileiro atua como órgão regulador e fiscalizador, cabendo aos investidores privados a implantação de novas plantas de geração de energia. A este fato soma-se a conscientização da população sobre a preservação do meio ambiente, o que tornou cada vez mais burocrática a viabilização de novas usinas de grande porte. Isto ocorre porque grandes usinas demandam grandes áreas alagadas, alteram as características da fauna e flora locais, causam desmatamentos, e por vezes podem atingir a vida de povoados e cidades.

O Brasil possui a maior bacia hidrográfica do mundo, é formado por vários rios contendo grandes desníveis de água, porém grande parte destes rios já possui ao menos uma planta de geração de energia hidrelétrica. Contudo, isto não faz do país auto-suficiente em abastecimento de energia, pois a demanda é crescente e existem perdas que ocorrem durante a transmissão desta energia gerada. Como exemplo cita-se o racionamento de energia ocorrido em 2001, quando a região Sudeste do país sofria estiagem e conseqüente racionamento de energia, enquanto na região Sul os reservatórios operavam a plena capacidade e não se conseguia transmitir esta sobra de energia.

Quando se analisa a situação do mercado energético brasileiro, conclui-se primeiramente que os investimentos em transmissão solucionariam o problema de escassez de energia. Uma alternativa utilizada em conjunto com a potencialização da transmissão é a geração de energia mais próxima dos grandes centros de consumo, através de centrais de pequeno porte, com baixo impacto ambiental, as chamadas Pequenas Centrais Hidrelétricas - PCHs.

Estas plantas geradoras, com potência reduzida quando comparadas com grandes aproveitamentos, tornaram-se freqüentes no setor elétrico brasileiro nos últimos anos, por se tratarem de obras de rápida execução, implementadas em um prazo médio de dois anos, com custos menores.

Empresas de diferentes setores da economia, como de agropecuária, papel e celulose e construção, vêm engrossando a lista de concessões da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) para diversificar seus negócios. Alguns desses empreendedores investem para comercializar a energia gerada com as distribuidoras locais, outros para atenderem suas necessidades de consumo sem ficar refém das constantes altas na tarifa.

A integração da gestão de projetos voltada à análise dos custos de projetos de PCHs, alimentando de informações os gestores para criar vantagens competitivas na elaboração de propostas, é a base das discussões desta dissertação.

1.1 Tema e Justificativa

O tema escolhido para a presente dissertação é a gestão dos custos aplicados ao gerenciamento dos projetos de Pequenas Centrais Hidrelétricas. O assunto é justificado na medida em que a quantidade de projetos na área de geração de energia vem crescendo nos últimos anos, e conforme Mendes (2004), os negócios envolvendo as PCHs dobrarão entre 2004 e 2005. Além disso, o gerenciamento de projetos não deve ater-se apenas à redução de custos, mas também ao planejamento do lucro e à busca da satisfação do cliente em qualidade e pronta-entrega.

O aumento da competitividade no setor de projetos, inclusive a diversificação dos tipos de projetos, faz com que os lucros envolvidos sejam minimizados, e a organização que obtiver melhor controle sobre os custos envolvidos terá vantagem

sobre suas concorrentes. Sabe-se que o lucro de um empreendimento é determinado em função da diferença entre o seu preço e o seu custo. Este controle dos custos significa saber quando, quanto e como os recursos serão empregados no projeto, da forma mais precisa possível. Faz-se então necessário criar-se um banco de dados históricos de informações sobre projetos já executados, com os problemas e erros de estimativa ocorridos (PETER, 2001; FILOMENA, 2004).

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo principal deste trabalho de conclusão é propor uma sistemática para avaliação dos custos de construção de Pequenas Centrais Hidrelétricas - PCHs, identificando e analisando os riscos envolvidos e apoiando o processo de tomada de decisões gerenciais.

1.2.2 Objetivos Secundários

Os objetivos secundários do trabalho são:

- Simular a aplicação da sistemática proposta em uma empresa de projetos de usinas hidrelétricas.
- Verificar a literatura que trata do gerenciamento de projetos baseada na estrutura do.
- Revisar a literatura existente sobre a gestão dos projetos de plantas de geração de energia com base no *Project Management Institute – Project Management Body of Knowledge*, contribuindo com novas informações que possam se tornar úteis em trabalhos futuros.

1.3 Método

Nesta seção são detalhados os métodos de pesquisa e de trabalho.

1.3.1 Método de Pesquisa

Quanto à natureza, a pesquisa classifica-se como aplicada, pois objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática, dirigida à solução de problemas específicos.

A forma de abordagem é quantitativa, pois o trabalho quantificou os custos relacionados a cada atividade componente do projeto de uma PCH.

1.3.2 Método de Trabalho

Inicialmente foi realizada uma revisão bibliográfica a respeito do setor energético, abordando o panorama mundial e também as tendências do mercado brasileiro de geração de energia. Com isso, identificou-se a necessidade de investimentos em geração de energia, através de Pequenas Centrais Hidrelétricas – PCHs, devido à escassez de grandes potenciais inexplorados e as preocupações ambientais recentes. Evidenciou-se que as empresas que projetam estas centrais hidrelétricas estão despreparadas para realizar projetos em um mercado competitivo, pois os custos incluídos na elaboração de propostas são estimados sem uma abordagem fundamentada em dados estatísticos, o que acarreta em erros e conseqüentes falhas nos seus orçamentos, levando as empresas a estimar para o lado da segurança, aumentando os preços e tornando-se menos competitivas.

Na seqüência, foi revisada a literatura sobre as empresas de projetos, os métodos de gerenciamento utilizados, e a estrutura de gerenciamento proposta pelo *Project Management Institute – PMI*.

A seguir, com base na revisão bibliográfica, foi elaborado um método de divisão do trabalho referente aos projetos de PCHs, em atividades componentes, com base no modelo de Echeveste (2003) para o desenvolvimento de produtos aplicado a projetos. Estas atividades foram classificadas em grupos, cujos custos variam segundo o número de máquinas de cada PCH, aquelas cujos custos variam segundo outras características além do número de máquinas, e aquelas com custo invariável e independente das características da PCH. A partir desta divisão, foram relacionados a estas atividades os custos de execução das mesmas, valores fictícios com base nos projetos já executados.

Na seqüência, foi proposta uma sistemática para composição do custo global para implantação de uma PCH, a qual foi parcialmente aplicada num caso fictício, baseado em dados reais. Estes dados reais não foram divulgados por solicitação da empresa onde foram obtidos.

Finalmente, foram incluídas as conclusões sobre a utilização da ferramenta e sobre os riscos associados a sua utilização, e também foram propostos alguns temas para futuros trabalhos.

1.4 Delimitações do Trabalho

O trabalho de conclusão se limita ao gerenciamento de empreendimentos de PCHs, portanto grandes usinas hidrelétricas e outros tipos de plantas de geração não são abordados.

A sistemática não foi implementada em um caso real, conseqüentemente alguns ajustes poderão ser necessários quando na sua aplicação.

As prováveis correlações existentes entre as atividades componentes dos empreendimentos não foram tratadas.

A pesquisa limita-se ao gerenciamento dos custos associados às atividades, e as demais características componentes da gestão de projetos não são analisadas em profundidade na revisão bibliográfica.

1.5 Estrutura do Trabalho

O trabalho de conclusão é distribuído em cinco capítulos, conforme descrito a seguir:

O capítulo 1 apresenta o tema, sua importância e as suas justificativas, seguido do objetivo do trabalho, os métodos de pesquisa e de trabalho, e as suas limitações.

O capítulo 2 aborda a revisão da literatura sobre a gestão de projetos e sobre o setor elétrico e a geração de energia.

O capítulo 3 apresenta a sistemática proposta sobre o custeio das atividades componentes da construção de uma PCH, considerando parâmetros técnicos e probabilísticos.

O capítulo 4 retrata a aplicação da sistemática sobre um empreendimento fictício, baseado em características reais obtidas do banco de dados de empresa de engenharia.

No capítulo 5 são apresentadas algumas conclusões relativas a aplicação da sistemática e são propostos alguns temas para trabalhos futuros acerca do tema.

CAPÍTULO 2

2 GESTÃO DE PROJETOS DE ENERGIA ELÉTRICA

Este trabalho trata da gestão de projetos de engenharia, especificamente de projetos de usinas hidrelétricas. Para uma melhor compreensão do assunto, inicialmente, faz-se necessário explanar sobre o mercado energético e os meios utilizados para geração de energia. Em seguida, será contextualizado sobre projetos, as empresas que realizam projetos, as estruturas de desenvolvimento de projetos, e algumas premissas importantes que as empresas de projetos devem respeitar.

Finalizando este capítulo, será verificada a literatura existente sobre a gestão de projetos, sobre os custos em projetos e a integração das áreas de gestão dos projetos.

2.1 Histórico da Geração de Energia Elétrica

A facilidade com que a energia elétrica pode ser transformada em outras formas de energia, com rapidez e sem poluição, levou a humanidade a uma utilização em massa desta forma de energia, a tal ponto que atualmente a energia elétrica é considerada vital para o desenvolvimento de qualquer país. Em função disto, enormes usinas, utilizando as mais variadas formas de força motriz (hidráulica, térmica, atômica e atualmente, eólica e solar) suprem os centros de carga por meio de longas linhas de transmissão em tensões de até 750.000 V, enquanto que uma extensa malha de subtransmissão e de distribuição leva a energia aos consumidores (BICHELS, 1998).

Na década de oitenta do século XIX, a transmissão de energia elétrica por meio de corrente contínua era utilizada na Alemanha com tensão de 2.400 V e distância de 59 km, sendo que a eletricidade era empregada apenas para iluminação e

galvanização. O desenvolvimento da lâmpada elétrica, simultaneamente na Inglaterra por Joseph Swan, e nos Estados Unidos por Thomas Edison, fez com que se verificasse a grande vantagem da utilização desta forma de energia sobre o emprego do gás na iluminação, e conseqüentemente fez com que a utilização da energia elétrica se tornasse cada vez maior (BICHELS, 1998)

2.1.1 Panorama do Setor Elétrico Mundial

Globalmente, a utilização da energia elétrica está crescendo duas vezes mais rápido que todas as outras formas de energia, mas este crescimento não ocorre de forma equivalente. A demanda por energia cresceu duas vezes mais que a sua capacidade de produção. Dados do Conselho Mundial de Energia mostram que nos próximos 25 anos o mundo precisará adicionar mais capacidade de geração de energia elétrica do que em todo o século XX. A Figura 1 mostra a diversidade de insumos capazes de gerar energia, e suas participações na matriz energética mundial.

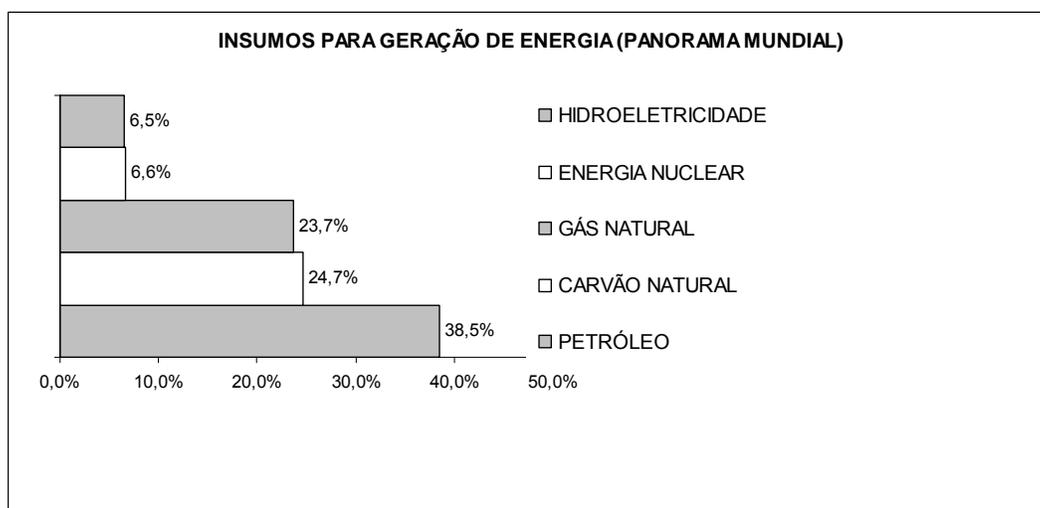


Figura 1 – Insumos para geração de energia elétrica – panorama mundial

Fonte: Bortoni, 2002

Nota-se uma dependência do emprego de combustíveis fósseis, não-renováveis e poluentes como petróleo, carvão e gás, na composição da matriz energética mundial. Porém, em alguns países importantes como a França e o Brasil, a

matriz energética é dependente de outras formas de geração de energia, respectivamente nuclear e hidráulica.

2.1.2 Mercado Brasileiro de Energia Elétrica

O Brasil é o 12º maior consumidor de energia do mundo, segundo estudo abrangendo 71 países, elaborado pela empresa BP, multinacional do setor petrolífero. Neste estudo, matrizes energéticas diferentes em cada país foram transformadas em seu equivalente em petróleo para viabilizar o comparativo. Apesar da queda de consumo de 2,1% em 2001, fruto do racionamento de energia causado pela crise energética, o Brasil é um dos que mais vem crescendo nos últimos anos em consumo energético, com aumento de 46% em relação a 1991 e de 92% em relação a 1981. Os EUA, que são os maiores consumidores mundiais, registraram um acréscimo no consumo de 14% na última década, e de 23% nos últimos 20 anos (BORTONI, 2002).

Existe um aumento no montante de investimentos nas Centrais Elétricas de Pequeno porte (até 30 MW), pois são mais rápidas de construir, e não necessitam de grandes investimentos.

O aumento de investimentos no setor de geração de energia evidenciou a falta de estruturação de empresas projetistas e executoras de projetos para plantas geradoras. Esse montante de investimentos, com o intuito de aumentar o poder de geração da matriz energética brasileira em curto prazo, fez com que empresas projetistas crescessem em grande velocidade, sem um planejamento adequado por parte dos seus comandantes. Como a concorrência no setor tende a aumentar, em virtude do mercado potencial que se desenha, as margens de lucro das empresas projetistas tendem a diminuir. Como consequência disto, aquela que reduzir seus custos de produção terá condições de oferecer um preço mais competitivo.

A matriz energética brasileira, ao contrário da média mundial, está calcada no seu potencial hídrico. Alguns aspectos climáticos e geográficos, além da diversidade hidrográfica, favorecem este tipo de tecnologia de geração de energia no Brasil.

No ano 2000, 93,2% da energia elétrica gerada no Brasil era de origem hidráulica. Mesmo quando a economia brasileira foi recessiva, o consumo de energia elétrica não parou de crescer (ALCAIDE, 2003).

A freqüente utilização da geração de energia através de hidrelétricas fez do Brasil um dos países que mais contribuem para o desenvolvimento desta tecnologia.

O processo de geração hidráulica de energia utiliza a pressão e a velocidade da água, canalizada em tubos metálicos com grandes diâmetros, fazendo girar as pás de turbinas, que estão conectadas a geradores elétricos. Estes geradores têm por finalidade transformar a energia mecânica da rotação do eixo da turbina em energia elétrica através de uma diferença de potencial entre pólos.

Historicamente, os grandes potenciais hidrelétricos disponíveis no território brasileiro foram sendo explorados. Aproveitamentos Hidrelétricos como Tucuruí (8370 MW) e Itaipu (14000 MW) têm sido cada vez menos freqüentes no mercado de projetos de usinas, devido à escassez de grandes potenciais ainda não explorados, e também à importância crescente da preservação do meio ambiente, evidenciada nos últimos anos.

O setor elétrico brasileiro passou, no final do século XX, por um intenso movimento de privatização, e hoje há empresas privadas, internas e multinacionais, que investem na geração de energia dentro do país.

A Figura 2 mostra que os investimentos planejados para os anos de 2004 a 2008 na área de geração hidráulica respondem por 68% do total, segundo o Operador Nacional do Sistema Elétrico – ONS.

Outro relatório que confirma a expansão do setor elétrico é o estudo realizado pela Câmara Brasileira de Investidores em Energia Elétrica (BORTONI, 2004) que diz que o setor elétrico brasileiro precisará de investimentos da ordem de 20 bilhões de reais anuais até o ano de 2013, para sustentar um crescimento de 3,5% do PIB. Este valor seria aplicado nas áreas de geração e transmissão de energia, sendo que 62% dos investimentos seriam proporcionados pela iniciativa privada.

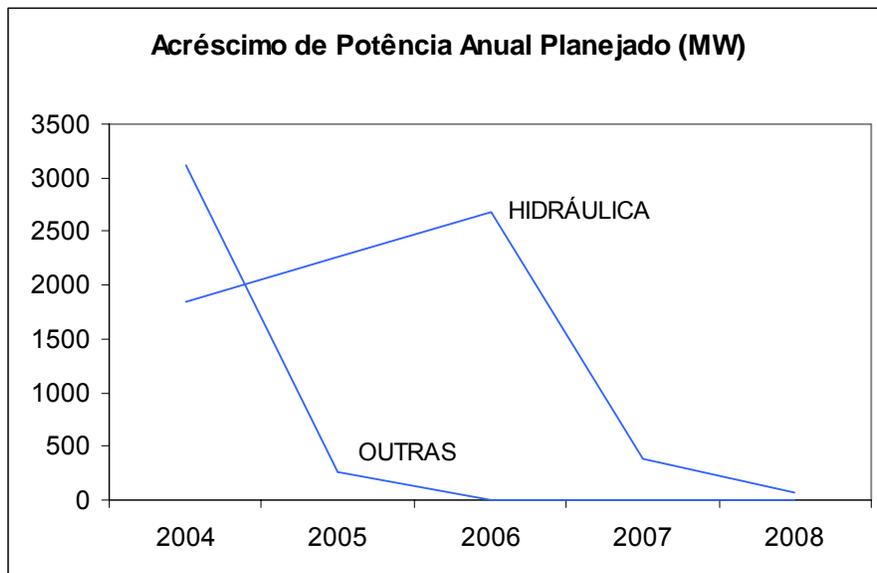


Figura 2 – Acréscimo de potência anual no sistema elétrico nacional (MW)

Fonte: ONS – Planejamento Anual da Operação Energética - 2004

Nota-se uma relação direta de dependência entre o crescimento econômico brasileiro com a expansão do setor elétrico. A indústria brasileira responde por 43% da energia faturada pela ANEEL, enquanto o consumo residencial representa cerca de 24%. O aumento registrado no consumo de energia brasileiro deve-se principalmente à retomada do crescimento econômico brasileiro no ano de 2004, que teve crescimento das vendas no comércio entre janeiro e maio de 2004 de 8,5%, impulsionado pelo aumento nas vendas de eletrodomésticos e aparelhos eletrônicos (ANEEL, 2004).

Os valores planejados de potência acrescida ao setor até o ano de 2008 são satisfatórios para garantir o atendimento à demanda de energia no período. Em contrapartida, avaliando o tempo de execução de plantas de geração de energia, que levam de três a cinco anos para serem concluídas e entregues para operação, percebe-se que o risco de não atendimento aos consumidores é crescente. O crescimento do consumo de energia é um alerta para o Operador Nacional do Sistema – ONS despachar as usinas já licitadas, atuando na liberação das licenças ambientais e de operação, planejando o setor para não ter problemas futuros. Hoje, de acordo com a ANEEL (2004), há 24 usinas já licitadas, que gerariam em torno de 5 mil MW

para o País. Porém, todas estão à espera de licenciamento ambiental. A Figura 3 mostra a evolução da capacidade instalada de geração no Brasil.

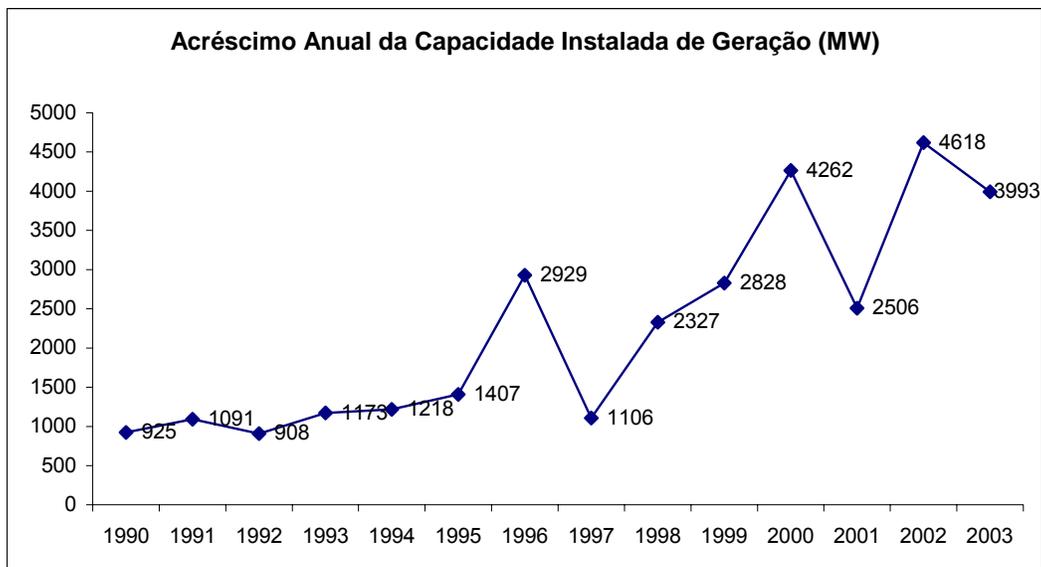


Figura 3 – Acréscimo anual da capacidade instalada na geração (MW)

Fonte: Boletim Energia nº144 - ANEEL –18/10/2004

O cenário em que se encontra o mercado de energia elétrica brasileiro, face às características expostas anteriormente, fez com que os recentes movimentos políticos do governo aquecessem os investimentos em plantas de geração de energia de pequeno porte, mais rápidas, rentáveis e mais próximas dos centros de carga.

Uma vantagem dos projetos de usinas hidrelétricas de pequeno porte é o baixo impacto ambiental causado, quando estes projetos são comparados as grandes usinas hidrelétricas construídas. O reservatório gerado pelas PCHs é, na maioria dos projetos, sensivelmente menor que um reservatório gerado por uma usina de médio a grande porte. Este fator facilita o aceite dos órgãos ambientais em relação ao projeto, além de evitar o descontentamento das populações ribeirinhas.

Foi destacado nesta seção do trabalho a necessidade de investimentos em PCHs no Brasil. Como foi visto, este mercado potencial já está sendo preparado para novos investimentos, e será necessário que os gestores destes novos projetos

atentem para que seja avaliada a economicidade dos empreendimentos. Para isso, torna-se imprescindível o conhecimento básico de projetos, da gestão dos projetos e o conhecimento das técnicas normalmente empregadas para integração das atividades de projeto.

2.2 Gerenciamento de Projetos

Inicialmente será revisada a literatura sobre os projetos, seu conceito, o ambiente em torno dos projetos, como o projeto se divide, como é formada a equipe. Na seqüência será revisada a literatura sobre os métodos de gestão de projetos, as atividades básicas que compõem os projetos e necessitam de gerenciamento, e sua integração, evidenciando sua importância em qualquer tipo de projeto.

Nos tempos atuais, o mercado consumidor exige continuamente produtos e serviços de melhor qualidade e menor custo, cabendo ao cliente ditar o sucesso ou o fracasso das organizações. A globalização, aliada à evolução dos meios de comunicação e informação, impôs uma dinâmica de aceleração progressiva aos processos de mudança em geral. Este fenômeno tem feito com que as empresas procurem buscar o estado de excelência nas suas atividades, procurando não apenas responder rapidamente aos estímulos e necessidades do meio exterior, mas antecipar-se às mudanças e encantar seus clientes (VIEIRA, 2002).

Para que o objetivo e as metas globais de uma organização sejam alcançados, deve-se visualizar todo o sistema e suas inter-relações, e integrá-los de forma eficiente (CASAROTTO, 1999).

Os processos de mudança das organizações podem ser vistos como empreendimentos ou projetos, que são definidos conforme o *Project Management Body of Knowledge* (PMBOK, 2000) como empreendimentos temporários ou seqüências de atividades com o objetivo de criar um produto ou serviço único, com começo, meio e fim bem definidos, dentro de restrições orçamentárias, e com resultados diferentes dos demais empreendimentos realizados. Um projeto envolve a execução de um conjunto de atividades interdisciplinares e interdependentes em um período determinado, e por ser único, possui elevado grau de risco e incerteza quanto

a seu sucesso como empreendimento. As atividades que compõem os projetos são um conjunto mínimo de esforços para os quais é possível definir responsabilidades, alocar recursos e controlar custos de forma a gerenciar sua execução.

As atividades produtivas nas empresas podem ser representadas de forma similar, segundo o modelo de transformação de *inputs* em *outputs* de bens e serviços. Porém, segundo Slack *et al.* (1999), as operações produtivas diferenciam-se conforme o *mix* volume-variedade, variando desde a produção em alto volume com baixa variedade entre os produtos, dita produção em massa, até volumes muito baixos de produção, com variedade alta entre os produtos ou serviços, a produção sob encomenda. A produção sob encomenda caracteriza-se, além do baixo volume e alta variedade, pelo alto grau de flexibilidade operacional e capacidade ociosa, além de requerer mão-de-obra qualificada e o tempo de desenvolvimento de novos produtos é menor quando comparado a produção em massa.

Uma empresa de projetos caracteriza-se por utilizar um processo de transformação que produz a baixos volumes, com alta variedade, e de acordo com as necessidades do cliente, começando com um conceito e encerrando-se em uma especificação de algo que pode ser construído (SLACK *et al.*, 1999).

Para definir as necessidades e objetivos do projeto claramente, é preciso esclarecer as expectativas do cliente. A satisfação do cliente é um dos critérios mais importantes para avaliar o resultado do projeto. Para assegurar a satisfação do cliente, os objetivos do projeto, desde seu início, devem ser definidos em função de suas necessidades, interesses e expectativas. Embora o cliente tenha prioridade na definição dos objetivos, certos projetos podem exigir a participação de todos os *stakeholders* – todas as pessoas, organizações ou grupos que participam direta ou indiretamente de um projeto, ou são por ele envolvidos ou afetados de alguma forma, conforme Figura 4.

A grande variedade de empreendimentos públicos e privados que atendam a definição de projeto pode ser classificada em três áreas distintas: (i) projetos de prestação de serviços, como assistência técnica, projetos de engenharia, estudos e compras técnicas, pesquisa, construção e montagem; (ii) projetos industriais, como produção sob encomenda, implantação, reforma e ampliação, manutenção de

máquinas e sistemas; e (iii) projetos de infra-estrutura, como saneamento, edificações, geração de energia, urbanismo, comunicações.

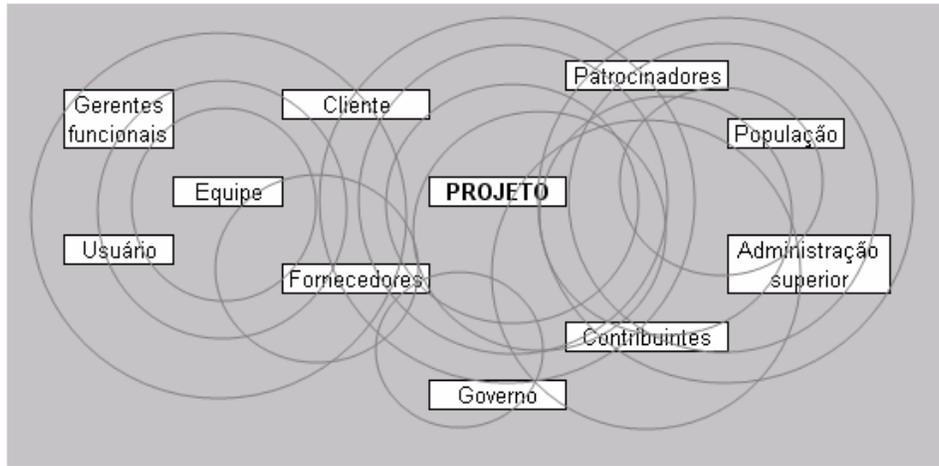


Figura 4 – Stakeholders influenciados pelo projeto

Fonte: Maximiano, 2002, p. 62

Pode existir um relacionamento entre projetos de áreas distintas, ou até de projetos de uma mesma área. As atividades componentes de um projeto, dependendo do nível de detalhamento em que se encontram, podem ser consideradas como subprojetos integrados a um projeto maior, sendo denominadas de macroatividades (CASAROTTO, 1999).

Segundo Boente (2003), os tipos de projetos podem ser diferenciados tecnicamente como: (i) projeto normal, que tem o objetivo de atender as necessidades do cliente, envolvendo um trabalho de definição, análise, construção, teste e implementação; (ii) projeto nova versão, que tem como objetivo implantar novas funções ou corrigir deficiências de versões anteriores; (iii) projeto usuário, que é desenvolvido pelo próprio usuário; e (iv) alteração de projeto, que se caracteriza pela necessidade de ajuste de algum projeto já implementado (MAXIMIANO, 2002; CASAROTTO, 1999; PRADO, 2003).

2.2.1 Fases e Ciclo de Vida de um Projeto

As organizações que desenvolvem projetos dividem-nos em várias fases visando um melhor controle gerencial e uma ligação mais adequada de cada projeto aos seus processos operacionais contínuos, o que é conhecido como ciclo de vida do projeto (PMBOK, 2000).

O ciclo de vida é a seqüência das fases que vão do começo ao fim do projeto, e seu entendimento permite a visualização sistêmica do projeto, facilitando o estudo e a aplicação das técnicas de administração de projetos. Segundo Maximiano (2002), a essência da administração de um projeto é o planejamento e a execução das atividades de seu ciclo de vida, de forma que o produto seja fornecido ao final conforme foi concebido.

Cada fase do projeto é marcada pela conclusão de um ou mais produtos da fase, e pelas avaliações do desempenho do projeto, denominadas de saídas de fase ou *stage gates*. Os subprodutos do projeto e suas fases compõem uma seqüência lógica criada para assegurar uma adequada definição do produto do projeto.

O ciclo de vida do projeto define o trabalho técnico a ser realizado, o custo e o pessoal envolvido em cada fase do projeto. A probabilidade de sucesso aumenta à medida que o projeto caminha em direção ao seu término. Contudo, o custo de mudanças e correção de erros aumenta à medida que o projeto se desenvolve.

As fases de um projeto são divididas em fase inicial ou de preparação, fase de estruturação, fase de execução e fase de conclusão (MAXIMIANO, 2002)

A fase inicial do projeto é caracterizada pela definição da forma e da seqüência lógica em que o mesmo será realizado, a geração do conceito, a avaliação da viabilidade de se atingir os objetivos. A administração sistemática de um projeto começa com a elaboração de um plano, contendo informações sobre o produto que se pretende alcançar e estimativas de prazo e de custo necessários pra se chegar até ele. O levantamento das necessidades do cliente e a coleta das informações necessárias ao trabalho auxiliam na definição dos objetivos e da estratégia organizacional necessária ao sucesso do empreendimento. Segundo Boente (2003), um projeto é bem sucedido quando ele ocorre de acordo com aquilo que foi projetado. Quando há insuficiência de detalhes, mensuração entre custo e prazo, mudanças não

previstas, dificuldades técnicas, não comprometimento da equipe, o atendimento aos objetivos do projeto é prejudicado.

A fase seguinte ao planejamento é a estruturação, que inicia-se com a aprovação do plano de projeto e finaliza-se com o início efetivo das atividades. Nesta fase ocorre o detalhamento dos planos básicos, forma-se a equipe de execução e mobilizam-se os recursos necessários para a realização das atividades. O processo de planejamento deve ser contínuo, não se restringindo à fase inicial, mas desenvolvendo-se em paralelo às demais fases.

Posteriormente à fase de estruturação, tem-se a fase de execução das atividades e aplicação dos recursos previstos no plano de projeto, onde as etapas previstas e programadas são realizadas. À medida que as atividades são executadas, os recursos são consumidos e o produto final do projeto concretiza-se. Nesta fase, a execução das atividades eventualmente sofre ajustes ao longo do desenvolvimento dos serviços, e o plano inicial deve servir sempre como diretriz.

O processo de controle integra a fase de execução das atividades, servindo como estratégia para administrar as variações aos planos e garantir que o impacto de falhas e erros não interfira no resultado final do projeto.

Finalmente, a fase de encerramento do projeto compreende a entrega do produto ou serviço, testes de aceitação e aprovação do cliente, a desmobilização e realocação dos recursos e da equipe, o fechamento das contas e a avaliação do desempenho do projeto. O momento do encerramento do projeto depende da natureza do produto e de como foi definido seu ciclo de vida no processo de planejamento.

A Figura 5 mostra as fases de um projeto genérico, segundo o modelo de Maximiano (2002).

Os dados históricos do empreendimento, falhas e erros que ocorreram, mudanças no plano do projeto, além de todas as informações da execução propriamente dita devem ser arquivados, de forma que em um próximo empreendimento, estes possam servir de base para um melhoramento contínuo nos planejamentos futuros (MAXIMIANO, 2002; MENEZES, 2003; BOENTE, 2003; PRIKLADNICKI, 2003; PRADO, 1998).

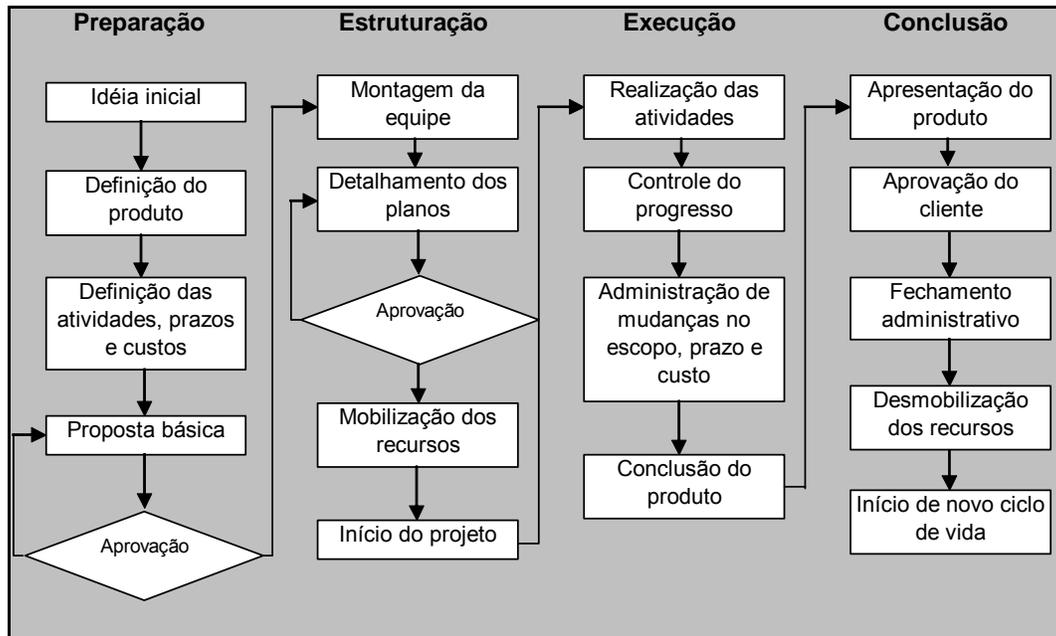


Figura 5 – Fases de um projeto

Fonte: Maximiano, 2002, p. 54

2.2.2 As Estruturas Organizacionais de Empresas de Projetos

Durante as últimas décadas uma revolução vem ocorrendo na introdução e desenvolvimento de novas estruturas organizacionais. Os executivos perceberam que as organizações devem ser mais dinâmicas, capazes de se reestruturar rapidamente conforme as necessidades do mercado (KERZNER apud PATAH e CARVALHO, 2002).

A estrutura organizacional de uma empresa de projetos deve ser suficientemente dinâmica e flexível, para ir de encontro às necessidades de um ambiente em mudança contínua. Deve atender também aos diversos níveis hierárquicos de decisão da empresa, que possuem níveis distintos de autoridade e responsabilidade, exigindo níveis distintos de detalhamento das informações.

Os níveis hierárquicos de decisão dentro de uma empresa, apresentados na Figura 6, são: (i) estratégico, formado pelos escalões mais altos, é responsável pelo

rumo a ser seguido pela empresa; (ii) tático ou gerencial, composto por administradores e gerentes, elabora as estratégias para que as idéias levantadas pelo nível estratégico sejam implementadas e otimiza os recursos para a consecução dos objetivos, e (iii) operacional, que executa as atividades planejadas e é formado pelos funcionários de menor escalão. (CASAROTTO, 1999; BOENTE, 2003).



Figura 6 – Níveis de decisão em uma organização

Fonte: Boente, 2003

Como alternativas à rigidez da estrutura organizacional funcional ou tradicional, surgiram as estruturas de projetos (ou projetizadas) e a matricial. A estrutura matricial, que é uma combinação da funcional e da projetizada, pode ainda ser subdividida em matricial fraca, equilibrada e forte.

Não existe um modelo único de estrutura organizacional para projetos, e sim uma adequação ao tipo de projeto a ser executado (KEZNER apud PATAH e CARVALHO, 2002). O tipo de organização mais utilizado em empresas de regime permanente é a estrutura funcional pura, onde os recursos humanos são agrupados conforme a área técnica a que pertencem, formando equipes especializadas. Porém, segundo Casarotto (1999), para empresas de projetos, este mecanismo é ineficaz, pois não há integração entre os especialistas.

As formas organizacionais específicas ao ambiente de projetos diferem entre si pelo grau de autoridade dos gerentes, e também da estrutura funcional básica, pois nelas existe uma diferenciação também quanto à formação das equipes.

Existem três estruturas organizacionais básicas para o gerenciamento de projetos: estrutura funcional, estrutura projetizada e a estrutura matricial.

O primeiro tipo de estrutura organizacional é chamado de gestão de projetos em *staff* ou estrutura funcional, onde o gerente de projetos não tem controle direto sobre o trabalho executado nos departamentos funcionais, as decisões são tomadas pela gerência geral e pelas chefias de departamentos. A função do gerente de projetos é manter a equipe integrada e direcionada aos objetivos. A viabilidade desta forma de organização depende inteiramente das qualidades pessoais do gerente de projetos. Um projeto com organização funcional significa que a distribuição de tarefas e responsabilidades dentro da equipe do projeto segue o mesmo padrão da organização permanente (ver Figura 7).

Patah e Carvalho (2002) afirmam que alguns indicadores, como o atraso de cronogramas mesmo com habilidade técnica da equipe, sub-utilização de mão-de-obra qualificada, insatisfação e falta de coesão da equipe, mostram a ineficiência da estrutura funcional no gerenciamento de projetos.

Outro tipo de estrutura organizacional é a organização por projetos, onde uma equipe multidisciplinar autônoma e temporária é alocada separadamente da estrutura funcional, e um gerente de projetos é designado para administrar o empreendimento (ver Figura 8). A estrutura projetizada permite autoridade linear sobre o projeto, pois os participantes trabalham subordinados diretamente ao gerente do projeto, o que facilita o controle de tempos e custos e a comunicação interna da equipe. Projetos importantes como o Projeto Manhattan, que produziu a primeira bomba atômica, nos anos 40, foram desenvolvidos com o uso de uma estrutura projetizada, porém a dedicação exclusiva de uma equipe à uma missão, sem o envolvimento com as atividades funcionais, torna dispendioso este tipo de estrutura. A utilização da estrutura por projetos é direcionada a situações estratégicas, que requerem atenção concentrada, onde os prazos exigem velocidade de resposta, ou ainda quando o projeto é de grande porte com alto grau de integração tecnológica. Fatores como a duplicidade de trabalho quando a organização tem vários projetos e a incerteza quanto ao futuro da equipe após o término do projeto podem inviabilizar a aplicação deste tipo de estrutura (KEZNER apud PATAH e CARVALHO, 2002).

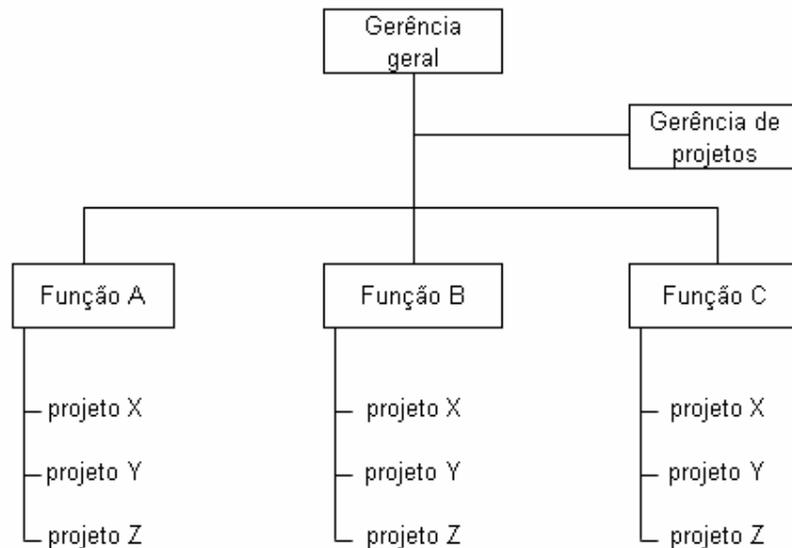


Figura 7 – Estrutura organizacional funcional

Fonte: Casarotto, 1999, p. 38

A estrutura organizacional utilizada com maior freqüência em empresas de produção sob encomenda, e que proporciona flexibilidade e funcionalidade perante às mudanças de ambiente e à dinâmica dos projetos, é a estrutura matricial (ver Figura 9). Os grupos de projeto, criados em paralelo à estrutura funcional, ficam sob a responsabilidade dos gerentes funcionais e passam a ter responsabilidades do setor funcional a que pertencem e também ao projeto do qual participam. Cada pessoa trabalha em diversos projetos ao mesmo tempo, sendo lideradas por diferentes gerentes de projeto. O gerente de projetos negocia a utilização de recursos humanos e de equipamentos necessários, durante a fase de planejamento. Na fase de execução do projeto, o gerente coordena as atividades dos diversos especialistas e mantém o relacionamento com o cliente.

Assim, a especialização e o uso eficiente de recursos são garantidos pelas unidades funcionais, e a gerência de projetos assegura o cumprimento de prazos e orçamentos, o atendimento ao cliente e a integração entre os especialistas.

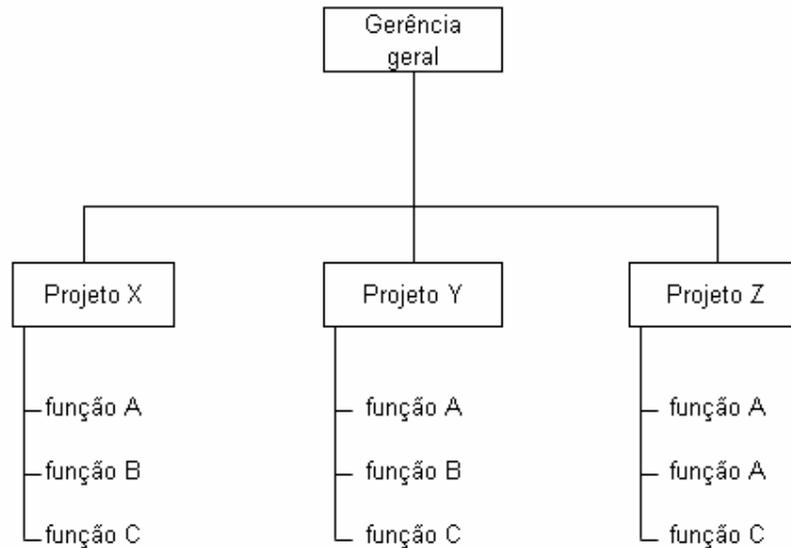


Figura 8 – Estrutura organizacional projetizada

Fonte: Casarotto, 1999, p.39

A determinação clara e precisa da autoridade e responsabilidade do gerente de projeto e do gerente funcional, além do treinamento dos recursos humanos, são questões críticas e pré-requisitos para a viabilização deste tipo de organização.

Dentro da estrutura matricial, o gerente do projeto pode ter menos autoridade sobre a equipe que o gerente funcional, e os membros da equipe trabalham para o projeto, dentro das áreas funcionais. Essa estrutura é conhecida como matricial fraca ou funcional. Nesta estrutura, o gerente de projetos assegura as contribuições técnicas das áreas funcionais, não exercendo uma autoridade formal sobre a equipe.

Na estrutura matricial forte, o gerente de projetos possui uma maior influência sobre os funcionários da empresa do que os gerentes funcionais, sendo mais apropriada nos casos em que o projeto precisa de tratamento diferenciado devido sua importância. Em uma terceira estrutura matricial, dita estrutura matricial equilibrada, os gerentes funcionais e os gerentes de projetos têm a mesma autoridade sobre o trabalho a ser realizado e as pessoas que o executam.

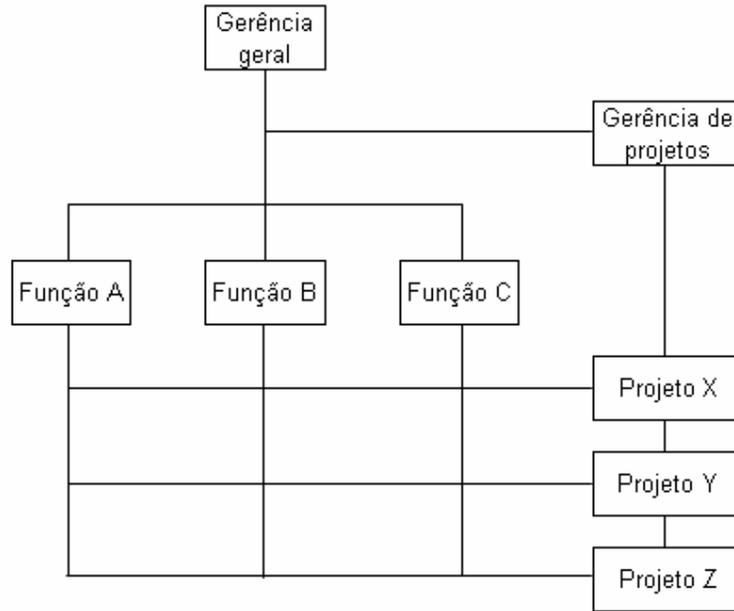


Figura 9 – Estrutura organizacional matricial

Fonte: Casarotto, 1999, p.41

A estrutura matricial é adaptada às empresas que possuem vários projetos simultâneos, permitindo maior otimização dos recursos técnicos da empresa e flexibilidade perante ao ambiente mutável do mercado.

O tipo de estrutura organizacional a ser utilizada no gerenciamento é definido no início do projeto, através de uma análise individual de fatores como o tamanho e a duração do projeto, a política de gestão da empresa, a localização física do empreendimento, seus aspectos específicos e a experiência da organização. Segundo o PMBOK (2000), a estrutura da organização executora pode restringir a disponibilidade ou as condições sobre as quais os recursos se tornam disponíveis para o projeto. O Quadro 1 apresenta as principais características relacionadas a projeto das estruturas organizacionais (PATAH e CARVALHO, 2002; MAXIMIANO, 2002; CASAROTTO, 1999).

Quadro 1 – Influência da estrutura organizacional nos projetos

Fonte: PMBOK, 2000, p. 19

Características dos projetos Tipo de Organização	Funcional	Matricial			Projetizada
		Fraca	Equilibrada	Forte	
Autoridade do Gerente do Projeto	pouca ou nenhuma	limitada	de baixa a moderada	de moderada a alta	de alta a quase total
Percentual do Pessoal da Organização Executora Alocado em Tempo Integral ao Projeto	virtualmente nenhum	0 - 25 %	15 - 60 %	50 - 95 %	85 - 100 %
Alocação do Gerente do Projeto	tempo parcial	tempo parcial	tempo integral	tempo integral	tempo integral
Designações mais Comuns para o Papel do Gerente do Projeto	coordenador de projeto / líder de projeto	coordenador de projeto / líder de projeto	gerente de projeto / diretor de projeto	gerente de projeto / gerente de programa	gerente de projeto / gerente de programa
Suporte Administrativo ao Gerente do Projeto	tempo parcial	tempo parcial	tempo parcial	tempo integral	tempo integral

2.2.3 Desenvolvimento Integrado de Projetos

Qualquer empresa que busca a competitividade deve ter extrema capacidade de mudança para adaptar-se a seu meio ambiente dinâmico, em tempos cada vez menores.

O sucesso em uma empresa atuante num mercado competitivo está associado a sua capacidade de introduzir novos produtos no mercado, e depende, entre outros fatores, da diminuição do tempo entre a idéia ou concepção de um produto, até o deslanche da produção. Um produto, por sua vez, será tão mais competitivo quanto for seu diferencial com relação a seus concorrentes no que diz respeito a atendimento das necessidades do consumidor, qualidade e preço. Outra importante vantagem competitiva é a capacidade da empresa de reduzir o tempo de desenvolvimento dos seus produtos, pois quanto menor o ciclo de desenvolvimento maior será a freqüência com que novos produtos podem ser introduzidos no mercado.

Com o objetivo de maximizar a produtividade, as empresas industriais basearam seus sistemas produtivos em três elementos fundamentais: flexibilidade, qualidade e integração. Neste contexto, as empresas industriais começaram a empregar, em meados da década de 80, um modo de organizar as atividades de engenharia de forma a atender a estes elementos, executando-as em paralelo com a

utilização de equipes multidisciplinares. Como consequência, conseguiram diminuir os custos e os tempos totais de produção sem perder em qualidade.

A engenharia simultânea pode ser definida como uma abordagem sistemática para integrar o desenvolvimento do produto, enfatizando a resposta às expectativas do cliente e que incorpora valores de equipe, como cooperação, confiança e compartilhamento, de forma tal que a tomada de decisão procede com intervalos grandes de trabalho paralelo por todo o ciclo de desenvolvimento do produto.

A engenharia simultânea procura, de certa forma, atropelar o processo, de modo a realizarem-se simultaneamente várias etapas do empreendimento. Os times devem trabalhar de forma paralela e sincronizada para obter o melhor projeto do produto, e para isso devem trocar constantemente informações concernentes ao projeto, buscando o consenso, tendo em mente o ciclo de vida do produto. O objetivo é auxiliar para que o produto ou sistema seja projetado com a melhor relação custo/benefício, através de uma eficiente combinação entre especificações técnicas e necessidades de manufatura. Estes times são formados por pessoas com habilidades complementares, comprometidas em chegar a um resultado comum.

A principal premissa da metodologia de engenharia simultânea é a integração do projeto do produto e dos processos de manufatura. A expectativa do cliente em relação ao produto, bem como o serviço a ele associado, tem alto grau de importância nessa tecnologia de gestão, que vai alterar também o ambiente externo da organização, à medida que altera a relação entre clientes e fornecedores.

A Engenharia Simultânea representa um avanço em relação à engenharia seqüencial, contudo, sua introdução não é simples, exige maturidade não só dos participantes do projeto, mas de todos os dirigentes da empresa. A Engenharia Simultânea não é uma regra que superpõe a uma operação ineficiente, é uma ferramenta para erradicar as ineficiências e conseguir o máximo das capacitações existentes nas organizações. A Engenharia Simultânea é, sobretudo, uma busca da melhoria da qualidade e transporta a responsabilidade da qualidade da vigilância nas linhas de fabricação para o projeto (SCHNEIDER, 2003; PEREIRA *et al*, 2002; CUNHA, 2002; MAXIMIANO, 2002; CASAROTTO, 1999).

2.2.4O Ambiente de Projetos

Nesta seção será descrito sobre o ambiente acerca dos projetos, sobre os profissionais que formam a equipe do projeto, e serão conceituadas algumas habilidades da empresa e da equipe, necessárias para o correto gerenciamento dos projetos.

a. Gerente de Projetos

A posição do gerente de projetos dentro do organograma da empresa ou do próprio projeto depende do tipo de estrutura organizacional em utilização. Cabe ao gerente do projeto administrá-lo, seja em regime de dedicação exclusiva, no caso das estruturas projetizadas, ou acumular esta tarefa com outras, sem desvincular-se de seu cargo original, no caso das estruturas funcionais.

Em estruturas funcionais, o gerente funcional assume o papel do gerente de projetos, tendo controle total sobre a equipe e com a função de administrar as interfaces com as demais áreas da empresa.

Nas estruturas projetizadas, o gerente de projetos atua sobre a equipe e os recursos e a relação com o cliente e com a administração superior é direta, e o sucesso do projeto dependerá das suas habilidades humanas.

Em estruturas matriciais, o gerente de projetos exerce papel de coordenação dos recursos de áreas funcionais, suas responsabilidades são maiores que sua autoridade formal, e a eficácia do gerente de projetos neste tipo de estrutura depende de sua capacidade de coordenação e de suas habilidades humanas.

A atuação do gerente de projetos inicia no desenvolvimento da idéia do projeto e termina no final do ciclo de vida, sendo sua responsabilidade assegurar a realização do projeto dentro dos padrões de desempenho, da missão, do prazo e do custo, o que demanda administração das comunicações, recursos humanos, contratos, materiais e riscos.

As responsabilidades comuns à maioria dos casos são agrupadas em papéis, conjuntos organizados de responsabilidades e competências. O papel principal de um gerente de projetos é o de planejador, assegurando a preparação do projeto com garantia da qualidade técnica e consenso dos *stakeholders*, atendendo as

necessidades dos clientes, com visão do que poderá ocorrer durante a execução, traçando estratégias para a realização das etapas com eficiência. Outro papel é o de organizador, prevendo meios e pessoal capacitado para realizar o projeto, trabalhando para aprimorar a estrutura organizacional e o perfil dos componentes da equipe, assegurando o conhecimento dos objetivos e procedimentos de todos os envolvidos.

O gerente de projetos, responsável pela eficácia dos processos de planejamento, organização, execução e controle, e pela aplicação das técnicas que estes processos necessitam, deve ser capaz de enxergar as tarefas que separam o início do fim do projeto e as decisões que devem ser tomadas em cada momento. Esta visão sistêmica permite analisar riscos, prever problemas e projetar melhorias. Patah e Carvalho (2002) enumeram como atributos do gerente de projetos, entre outros: flexibilidade e adaptabilidade, iniciativa e liderança, agressividade, confiança, persuasão e fluência verbal, ambição e pró-atividade, efetividade como comunicador e integrador, entusiasmo, imaginação e espontaneidade. Os membros da equipe, da mesma forma que o gerente do projeto, devem possuir características diferenciadas daquelas apresentadas pelos demais funcionários da empresa.

O gerenciamento das equipes de projeto não é uma tarefa fácil, pois as equipes de projeto são dinâmicas, com seus membros em constante mudança, e existe dificuldade para visualizá-la como entidade única. Fatores como a condução de reuniões produtivas, criação de espaço físico próprio e adequado, divulgação de resultados, comportamento voltado para as pessoas, auxiliam na motivação dos membros da equipe, fator preponderante para o sucesso do empreendimento (PATAH e CARVALHO, 2002; MAXIMIANO, 2002).

b. A Equipe do Projeto

A elaboração de um projeto envolve uma ou mais equipes que se combinam e sucedem-se de diferentes maneiras ao longo do ciclo de vida. Uma equipe de projeto é constituída por profissionais de diferentes áreas, com especialidades diversas, onde ocorre uma combinação fortuita de competências, estilos e culturas. Nesta situação há diferentes enfoques para lidar com os problemas. Pessoas de diferentes áreas da

empresa, trabalhando como uma equipe multidisciplinar ao longo do projeto, tendem a conseguir resultados melhores do que uma sucessão de equipes monodisciplinares.

Segundo Maximiano (2002), existem dois tipos de equipe em um projeto: (i) equipe de planejamento, responsável pela elaboração do plano do projeto, devendo trabalhar dentro de uma metodologia de engenharia simultânea, com integração entre as pessoas das áreas envolvidas nas fases posteriores e iniciais do planejamento; e (ii) equipe de execução, formada por pessoas que representam unidades funcionais da mesma organização ou de outras organizações. Estas equipes devem preservar algumas pessoas da fase de planejamento para facilitar a compreensão do que foi planejado.

A eficácia das equipes de projeto depende da capacidade de seus integrantes em trabalhar coletivamente e em produzir um resultado maior que a simples soma de suas contribuições individuais. Esta eficácia decorre da coesão da equipe, resultado do sentimento de fazer parte de um mesmo grupo, e desperta confiança entre os seus membros. Nenhum grupo será eficaz sem uma clara definição dos papéis de seus integrantes e é função da organização esclarecer os objetivos, o mecanismo de tomada de decisões, as atribuições de cada membro da equipe, dando condições ao time de autogerir-se, não dependendo exclusivamente do gerente de projetos. Um sistema de comunicações simples, flexível e ágil aumenta a probabilidade de sucesso do projeto, aliado à motivação das pessoas que a compõem. Segundo Menezes (2003), o projeto será bem sucedido na razão direta da sintonia existente entre as pessoas, suas respectivas vontades e ambições no ambiente de trabalho, e a organização, representada pelas funções, a divisão do trabalho e o poder dentro das empresas.

A administração do projeto deve trabalhar para que a equipe adquira e desenvolva os atributos de alto desempenho durante todo o ciclo de vida do projeto, começando na seleção dos integrantes que irão compor a equipe, e a indicação de um líder em potencial (MAXIMIANO, 2002; MENEZES, 2003; CASAROTTO, 1999).

c. A Importância da Liderança e da Motivação

Liderança é a capacidade pessoal de aglutinar e influenciar pessoas para a realização de objetivos. Segundo Deming (1990), o objetivo de liderança deve ser melhorar o desempenho do sistema, melhorar a qualidade, aumentar a produção e, simultaneamente, dar as pessoas orgulho pelo trabalho que fazem.

Liderar é um complexo processo interpessoal e social, resultante das habilidades do gerente e do significado do projeto que ele dirige, além do grau de motivação que o projeto exerce sobre a equipe. No caso da administração de projetos, os efeitos que a liderança produz não dependem apenas do líder, mas de uma combinação complexa dos seguintes elementos: (i) as motivações da equipe, (ii) a missão a que o projeto se propõe, (iii) as habilidades de liderança do gerente do projeto, e (iv) o ambiente dentro do qual o projeto ocorre.

A motivação é o processo de auxílio às pessoas para que adquiram energia para superar resistências a mudanças e superar suas limitações. Uma das principais habilidades de um líder é a estratégia de comportamento para conduzir a equipe, o estilo de liderança. Há dois estilos básicos de liderança: (i) liderança orientada para o gerente, estilo mais voltado para as tarefas e para os resultados, de caráter autoritário e autocrático, onde as decisões são tomadas sem a participação da equipe; e (ii) liderança orientada para a equipe, voltado para as pessoas, com delegação de autoridade, democracia e participação da equipe nas decisões do projeto. A escolha do estilo de liderança é tomada em função da maturidade e motivação da equipe. Equipes mais motivadas e competentes praticamente não necessitam de liderança, enquanto que as equipes com motivação baixa e pouca maturidade necessitam de um estilo mais autoritário, orientado ao gerente (PMBOK, 2000; MAXIMIANO, 2002).

d. Influências Sócio-Econômicas e Ambientais

À medida que as empresas internacionalizaram seus trabalhos, o mesmo acontece com seus projetos. Adicionalmente aos conceitos tradicionais como escopo, custo, prazo e qualidade, a equipe de projeto deve considerar outros fatores como fuso horário, feriados, viagens e reuniões.

O termo cultura refere-se ao padrão de desenvolvimento refletido nos sistemas sociais de conhecimento, ideologia, valores, leis e procedimentos cotidianos, sendo

seu conceito utilizado para designar diferentes estilos de vida de grupos de pessoas. Fatores como práticas políticas, econômicas, demográficas, além de costumes, crenças e atitudes, afetam a forma como as pessoas e organizações interagem.

O aspecto cultural deve ser analisado, e o projeto deve funcionar dentro do contexto cultural de onde será desenvolvido e implantado. Normas, procedimentos regionais e leis municipais devem ser respeitados no planejamento e na execução dos projetos.

Cada vez mais importância tem o fator meio-ambiente no planejamento dos projetos. Virtualmente, todo projeto é planejado e implantado em um contexto social, econômico e ambiental, tendo impactos negativos e positivos, intencionais ou não. As organizações estão aumentando a responsabilidade sobre os impactos resultantes do projeto, bem como sobre os efeitos dos projetos nas pessoas, na economia e no ambiente, mesmo depois de concluídos (PMBOK, 2000; PRIKLADNICKI, 2003).

e. Comunicações e Informações em Projetos

A globalização dos mercados empresariais teve como resultado uma maior exigência, em termos de qualidade e custo dos produtos, por parte dos consumidores. Como consequência, houve o aumento da velocidade de mudanças dos produtos, evidenciando a importância da informação correta nos tempos adequados. Neste cenário, a tecnologia de informações facilita a obtenção, organização, análise e circulação de informações necessárias a todos os níveis da empresa, em suporte aos seus objetivos estratégicos (ROCHA, 2002).

Comunicar envolve troca de informações entre um emissor e um receptor. Essa informação deve ser clara, coerente e completa, e independente da forma como é transmitida, deve ser entendida corretamente. Se a equipe está mal informada e não se comunica adequadamente, não basta ter integrantes talentosos e altamente motivados, pois a força humana não será potencializada neste caso (RUGGIERO, 2002)

O uso eficiente da comunicação pode reduzir o esforço não produtivo, evitar duplicidade de informações e minimizar erros, além de melhorar o trabalho de equipe,

motivar e envolver os seus profissionais. Como resultado final, o projeto terá maior probabilidade de atingir os objetivos dentro dos prazos, dos recursos determinados e da qualidade desejada (PRIKLADNICKI, 2003).

2.2.5O PMI – *Project Management Institute* e a Gerência de Projetos

O PMI, criado nos EUA em 1969, é uma instituição sem fins lucrativos dedicada ao avanço do estado-da-arte em gerenciamento de projetos e seu principal compromisso é promover o profissionalismo e a ética em gestão de projetos. A principal publicação do PMI é o PMBOK – *A Guide to Project Management Body of Knowledge*, aceito mundialmente desde 1999 como padrão de gerenciamento de projetos pelo *American National Standards Institute* (ANSI).

O PMI define a gerência de projetos como um conjunto de interações que visam o balanceamento entre os objetivos do projeto, a qualidade do produto e o custo total do empreendimento. Existe grande dificuldade na obtenção do equilíbrio entre os objetivos principais do gerenciamento do projeto: qualidade, prazo e custos. Quando se atua para melhorar um destes objetivos, fatalmente os demais sofrerão impactos que desviarão o rumo traçado para o projeto.

Os projetos são compostos por uma série de ações, que são realizadas pela equipe de projeto, com o objetivo de gerar um resultado pré-definido. Este conjunto de ações é chamado de processo. Os processos de projetos, que interagem e se sobrepõem durante todo o ciclo de vida do projeto, podem ser divididos em processos de gerência de projetos e processos orientados ao produto.

Os processos de gerência de projetos podem ser subdivididos em 5 grupos: (i) processos de iniciação ou autorização, (ii) processos de planejamento, que englobam a definição dos objetivos e a seleção das ações, e devem fornecer também uma descrição preliminar do trabalho a ser desenvolvido nas fases subsequentes, (iii) processos de execução, como a realização do que foi planejado, (iv) processos de controle, que visam o atingimento dos objetivos do projeto através de monitoramento e ações corretivas, e (v) processos de encerramento, para formalizar a aceitação do projeto. Os grupos de processos se interligam, já que a saída de um processo serve

de entrada para o próximo, e estas interações ocorrem durante todo o projeto (PMBOK, 2000).

2.2.5.1 Gerenciamento da Integração do Projeto

Com o objetivo de atingir ou superar as necessidades e expectativas do projeto, deve-se fazer compensações entre os objetivos e alternativas concorrentes, e assegurar que os processos e elementos do projeto sejam integrados. Para que o projeto seja completado com sucesso, a integração deve ocorrer também em outras áreas: o trabalho do projeto deve ser integrado com as operações continuadas da organização executora, o escopo do produto deve ser integrado ao escopo do projeto.

Uma das técnicas usadas para integrar os processos, e que serve também para medir o desempenho do projeto durante o seu ciclo de vida, é a gerência do valor agregado (*Earned Value Management – EVM*)

Os processos iniciais definem o esboço e os termos contratuais do projeto, além do planejamento estratégico para que os objetivos sejam alcançados. Informações históricas, bancos de dados de projetos anteriores, políticas organizacionais como gestão da qualidade, controles financeiros, são outras informações iniciais importantes e devem estar disponíveis. A partir destas informações, inicia-se o desenvolvimento do plano do projeto. O plano do projeto é um documento consistente e coerente, usado para balizar a execução e o controle das atividades. A definição do plano de projeto é um processo iterativo, iniciando-se com o esboço dos recursos genéricos e durações estimadas de tarefas, e resultando ao final em um plano detalhado do escopo do projeto.

Para elaboração do planejamento do escopo, a equipe do projeto geralmente utiliza a Estrutura Analítica de Projeto – EAP, onde o trabalho é decomposto, planejado, estimado e programado.

Segundo o PMBOK (2000), existem diferentes meios de organizar e apresentar o plano do projeto, porém todos devem conter: (i) uma descrição breve do produto, (ii) a estratégia da gerência de projetos, (iii) a declaração do escopo, os objetivos e subprodutos do projeto, (iv) a EAP, (v) cronogramas e orçamentos, (vi) estimativas de

datas, custos e responsabilidades, (vii) marcos, (viii) recursos necessários e seus custos, (ix) riscos, restrições e premissas, (x) planos auxiliares de gerenciamento. De acordo com as necessidades específicas de cada caso, outras saídas do plano do projeto podem ser incluídas.

Na seqüência da definição do plano do projeto, tem-se a execução do mesmo. O processo de execução do plano do projeto concentra a maior parcela do orçamento, e é onde o gerente e sua equipe devem coordenar e direcionar as interfaces técnicas e organizacionais no sentido da criação do produto do projeto.

O desempenho do projeto deve ser monitorado e comparado com o que foi planejado, que serve como parâmetro de comparação e avaliação – *baseline* do projeto. Se necessário, para adequar o desempenho do projeto executado ao *baseline*, ações corretivas devem ser tomadas sobre o plano do projeto. Os relatórios de desempenho servem ainda para alertar a equipe para questões que poderão causar algum problema futuro. Todas as alterações e mudanças realizadas no plano do projeto ou em qualquer documentação de projeto devem ser documentadas e controladas, formalizadas e informadas as partes envolvidas.

As requisições de mudanças podem ocorrer de forma oral, escrita, direta, indireta, de fonte externa ou interna. Em muitos casos, a organização executora tem um sistema de controle de mudanças que pode ser utilizado diretamente pelo projeto, porém se não existir, cabe a equipe de gerência do projeto desenvolvê-lo. As causas das variâncias e as ações corretivas tomadas devem ser documentadas e disponibilizadas, de forma a estarem disponíveis para a elaboração de futuros planos de outros projetos (PMBOK, 2000).

2.2.5.2 Gerenciamento do Escopo do Projeto

O controle do escopo do projeto inclui todos os processos que asseguram envolvimento do trabalho necessário para concluir o projeto de forma eficaz, com o menor esforço possível, sem que haja um desvio do objetivo traçado. O esboço do projeto é uma atividade que tem maior necessidade de controle, para garantir a entrega do produto conforme suas especificações funcionais, conforme demandado pelo cliente. Um projeto geralmente produz um único produto, mas esse produto pode incluir elementos subsidiários, cada um deles com seu próprio escopo. O escopo do

projeto é mensurado em função do plano do projeto, enquanto o escopo do produto é mensurado em função dos seus requisitos. Em ambos os casos, o gerenciamento do escopo é integrado, garantindo que o trabalho do projeto resultará na entrega que foi projetado.

A descrição do produto documenta as características do produto ou do serviço que o projeto irá desenvolver, sendo menos detalhada nas fases iniciais e mais detalhada nas fases finais do projeto, e serve como base para o seu planejamento.

Existem maneiras diferentes de se identificar e detalhar o escopo de um projeto. Uma ferramenta utilizada com frequência pelas empresas de projeto, devido a sua facilidade de implantação, é a *Work Breakdown Structure* - Estrutura Analítica de Projetos (EAP) ou Estrutura de Divisão de Trabalho (ver Figura 10). A EAP é uma descrição gráfica do projeto, explodida em níveis até o grau de detalhamento necessário para permitir um planejamento e controle eficaz, evidenciando as atividades componentes necessárias à conclusão do projeto. Para cada atividade incluem-se informações como tempos, custos e recursos, o que auxilia a memorização do projeto como um todo, reduz a possibilidade de omissões, identifica e elimina problemas e melhora a definição do escopo de cada setor da organização.

A subdivisão dos principais subprodutos do projeto em componentes menores e manejáveis auxilia na definição do *baseline* para medir e controlar o desempenho, além de facilitar a atribuição das responsabilidades. Essa subdivisão deve ser tal que seja possível estimar custos e duração das atividades para cada subproduto, e os elementos resultantes devem ser tangíveis e verificáveis.

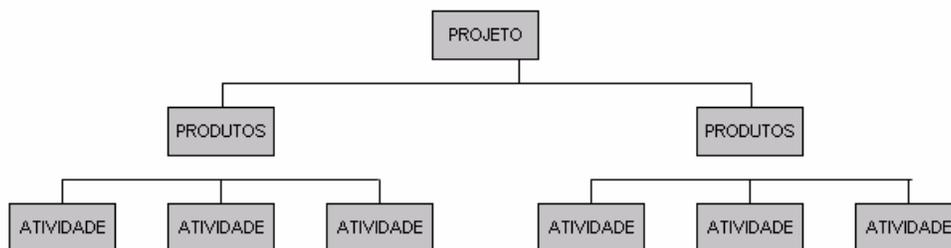


Figura 10 – Estrutura analítica de projeto

Fonte: Menezes, 2003, p. 124

O trabalho que não constar na EAP estará fora do escopo do projeto. Os *stakeholders* devem formalizar o aceite ao escopo definido, e a partir desta formalização as alterações que venham a ocorrer, resultantes de relatórios de desempenho, alterações contratuais, devem ser controladas e documentadas para minimizar problemas futuros. O gerente de projetos deve atentar para as alterações de escopo, que resultam em ajustes de prazo, custo e qualidade, e até em outros objetivos do projeto (MENEZES, 2003; PMBOK, 2000; BOENTE, 2003; CASAROTTO, 1999).

2.2.5.3 Gerenciamento do Prazo do Projeto

O gerenciamento do prazo do projeto inclui os processos necessários para assegurar que o projeto será implantado dentro do prazo previsto. Estes processos são executados dentro de uma ordem cronológica, conforme a Figura 11.

a. Duração das Atividades do Projeto

Uma vez elaborado o escopo do projeto, inicia-se o processo de estimativa de duração das atividades. A estimativa de duração das atividades é o processo de gerar o tempo estimado de duração das tarefas do projeto, em função dos recursos disponíveis, do esforço necessário para realizar a atividade, da qualidade e disponibilidade dos dados e informações sobre o projeto, dados históricos de projetos anteriores, experiência dos membros da equipe de projeto, análise de publicações e trabalhos de outras organizações. A duração das atividades é uma das informações necessárias para a elaboração do cronograma de execução do projeto.

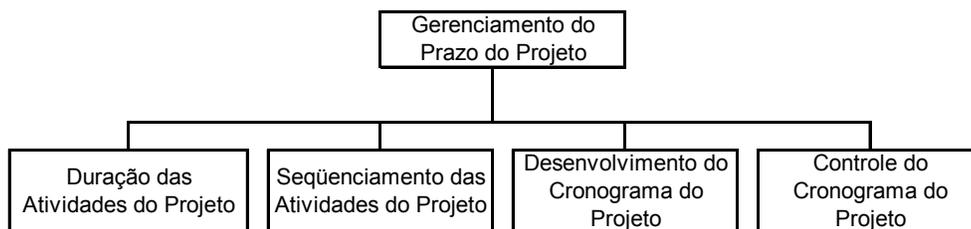


Figura 11 – Processos componentes do gerenciamento do prazo do projeto

Fonte: PMBOK, 2000.

É função do gerente de projetos, na definição das atividades, balancear a inclusão dos recursos, as necessidades do empreendimento e as possibilidades da organização, evitando sobrecargas de comunicação e conseqüente redução de produtividade. A duração das atividades pode ser influenciada pela capacidade dos recursos humanos e materiais a elas designados, e pode variar dentro de uma faixa de valores prováveis, de acordo com as condições em que cada atividade irá ocorrer. A equipe de projeto pode incorporar uma faixa adicional de tempo – tempo de contingência – que é adicionada a duração das atividades ou em outro ponto do cronograma, como uma reserva de risco. Esta reserva pode ser reduzida ou eliminada, na medida em que informações mais precisas são disponibilizadas.

b. Seqüenciamento das Atividades do Projeto

A partir da definição das atividades e de suas durações, a equipe do projeto identifica suas relações de dependência. As dependências entre as atividades são agrupadas em três conjuntos: (i) dependências mandatórias, que são inerentes à natureza do trabalho, e também são chamadas de *hard logic* – lógica rígida; (ii) dependências arbitradas, que são definidas pela equipe de projeto em função das práticas consagradas em suas áreas de aplicação, e dos aspectos particulares do projeto; e (iii) dependências externas, que envolvem relacionamento com atividades de fora do projeto.

Existem alguns métodos para a realização do seqüenciamento de atividades, escolhidos em função da disponibilidade e facilidade de manuseio por parte dos integrantes da equipe de projeto: (i) Método do Diagrama de Precedência (PDM), que representa as atividades como retângulos e as conecta por setas, de acordo com a precedência; (ii) Método do Diagrama de Flechas (ADM), que representa as atividades por setas e as conecta por meio de nós, representando as precedências; (iii) Método do Diagrama Condicional (CDM), que admitem *loops* ou atividades repetitivas. Independentemente da técnica escolhida para elaboração do seqüenciamento, a equipe do projeto apresenta um diagrama contendo as atividades, suas durações e relacionamentos lógicos, acompanhados de uma descrição sumária das atividades e seu sequenciamento. Estes diagramas de rede são baseados na técnica PERT/CPM. A técnica PERT – *Program Evaluation and Review Technique* – Técnica de Avaliação e Revisão de Projetos, foi desenvolvida em 1957 pela empresa de consultoria Booz –

Allen and Hamilton para a marinha americana, com o objetivo de planejar e controlar o projeto e desenvolvimento do míssil Polaris, onde cerca de dez mil empresas necessitavam de coordenação e comunicação em uma mesma linguagem. A aplicação do método reduziu de cinco para três anos a data de conclusão do empreendimento.

A técnica reconhece que a duração das atividades e os custos em gerenciamento de projeto não são determinísticos, e que a teoria da probabilidade pode ser aplicada para se fazer estimativa.

O método CPM (*Critical Path Method* – Método do Caminho Crítico) foi desenvolvido em 1957 pela Dupont e Univac, com o objetivo de controlar o trabalho necessário para uma reforma geral em uma grande fábrica de produtos químicos, minimizando os custos finais. O método é utilizado para projetos cujos tempos de operação podem ser considerados determinísticos, ou seja, conhecidos com certeza.

Ambas as técnicas são úteis em coordenação de atividades que devem ser executadas em determinada ordem, e possibilitam uma visualização das relações de interdependência das atividades, e a determinação do tempo total das atividades, bem como as folgas existentes durante o processo.

A utilização destas técnicas de forma isolada não é vantajosa, sendo mais empregadas em conjunto, com a denominação de PERT/CPM. O modelo PERT/CPM é um conjunto de processos e técnicas para planejamento, programação e controle de um projeto, tendo como característica a representação do projeto em rede, apresentando as ações de acordo com as relações de correspondência, e evidenciando-se a seqüência em que as atividades do empreendimento devam ser executadas. O modelo permite a visualização da seqüência operacional de máxima duração, chamado caminho crítico, e a distribuição dos recursos necessários ao desenvolvimento do projeto (CUKIERMAN, 2000; HOARE, 1976; PMBOK, 2000; PRADO, 1998; SLACK *et al*, 1999).

c. Desenvolvimento do Cronograma do Projeto

O cronograma é a representação gráfica do tempo planejado ou estimado para que as atividades componentes do projeto sejam executadas. O cronograma é uma técnica de planejamento e controle que permite uma visão geral do andamento das atividades, porém isoladamente não permite a identificação perfeita das relações de

interdependência entre as mesmas. Para suprir esta falha, o cronograma freqüentemente é utilizado juntamente com técnicas baseadas no PERT/CPM, o que permite o conhecimento das folgas, datas das atividades e eventos-marco do projeto. A elaboração do cronograma é iterativa, e deve-se dispor da informação sobre a disponibilidade de recursos e dos tempos e padrões que serão utilizados (PMBOK, 2000).

A técnica de simulação pode ser utilizada na elaboração dos cronogramas do projeto. A simulação consiste em calcular múltiplas durações para o projeto, baseadas em diferentes cenários possíveis para a execução das atividades, e é mais comumente empregada é a Análise Monte Carlo, na qual cada atividade tem sua duração, seu custo ou qualquer característica que possa ser quantificada por variáveis aleatórias com distribuição de probabilidade triangular. Define-se um número de simulações que deverá ser utilizado no projeto, e a cada iteração da simulação, é sorteada uma variável aleatória para cada atividade, formando vários cenários. Como resultado obtém-se um histograma com a distribuição de probabilidade da variável. A partir do histograma pode-se concluir a respeito de como irá se comportar o projeto. O primeiro trabalho utilizando a técnica de Monte Carlo para simulações associadas à técnica PERT foi realizado por Slyke (1963), que demonstrou que a aplicação das técnicas em conjunto tem como conseqüência uma melhor estimativa na duração do projeto e aperfeiçoamento na estimativa de durações das atividades componentes do caminho crítico (ARAUJO, 1999; HAGA e MAROLD, 2004).

O cronograma do projeto inclui as datas de início e término esperadas para cada atividade, podendo ser representado como (i) Gráfico de barras ou Gráfico de Gantt, que mostram as datas de início e término, e a duração das atividades através de barras, sendo utilizados com freqüência em apresentações gerenciais, e (ii) Gráfico de marcos, que indica o início e conclusão dos principais resultados programados e interfaces externas principais.

Usualmente, as organizações dividem o cronograma em dois tipos, segundo o nível de detalhamento. Utilizam o cronograma-mestre, que mostra os subprojetos e abrange o período completo de desenvolvimento do projeto. Em um nível mais detalhado, utilizam-se os cronogramas parciais que relacionam as atividades de cada subprojeto.

A equipe do projeto controla as atividades componentes do cronograma e documenta as alterações em relação ao planejamento inicial, analisando o desempenho do projeto. As partes afetadas com as mudanças são informadas, e quando necessário há previsão de ajustes e ações corretivas nos processos de execução do projeto. A capacidade dos *softwares* de gestão de projetos em acompanhar datas planejadas versus datas reais e prever os efeitos de mudanças nos cronogramas torna-os úteis ferramentas no controle dos cronogramas. A comparação entre datas planejadas e reais fornece importantes informações para a detecção de desvios e para a implementação de soluções corretivas no caso de atrasos.

2.2.5.4 Gerenciamento dos Custos do Projeto

O gerenciamento dos custos do projeto inclui os processos necessários para assegurar que o projeto seja concluído dentro de um orçamento aprovado. A gestão do custo do projeto determina quais os recursos e em que quantidades devem ser empregados para a realização das atividades, qual a necessidade de informações das partes envolvidas relativas ao custo, e considera os efeitos das decisões do projeto em relação ao custo de utilização do produto do projeto. Estes processos são mostrados na Figura 12, e descritos na seqüência.

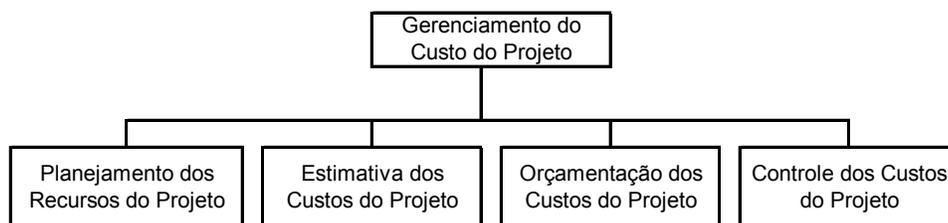


Figura 12 – Processos componentes do gerenciamento do custo do projeto

Fonte: PMBOK, 2000.

a. Planejamento dos Recursos do Projeto

O ponto de partida para a gerência dos custos do projeto é a definição dos recursos que serão utilizados, em que quantidade e quando serão necessários para a realização das atividades do projeto. Os recursos são definidos pela EAP, que

identifica os subprodutos e processos do projeto, em conjunto com a definição do escopo, que apresenta os objetivos a serem cumpridos. As informações sobre projetos já executados, quando disponíveis, devem ser consideradas no planejamento dos recursos, assim como o conhecimento dos recursos disponíveis na organização, as políticas da organização relativas a aquisição de suprimentos e as estimativas de duração das atividades.

b. Estimativa dos Custos do Projeto

Com os recursos planejados, desenvolve-se uma estimativa dos custos destes recursos, com o objetivo de definir quanto a organização irá cobrar pelo produto ou serviço do projeto. Os custos devem ser estimados para todos os recursos que serão contabilizados no projeto, como mão-de-obra, materiais, suprimentos, além de categorias especiais tais como efeitos inflacionários ou reservas de custo.

A gerência do custo deve identificar e considerar várias alternativas de custo, a fim de encontrar o menor custo para a realização do empreendimento, aumentando a competitividade da organização frente a concorrência. A equipe de projeto deve considerar os eventuais riscos inerentes ao projeto, e os seus reflexos nas estimativas de custo para cada atividade, minimizando seus impactos no custo global do projeto.

As características de um projeto fazem com que as estimativas orçadas tenham um nível de incerteza maior nas fases iniciais de planejamento, sendo reduzida com o desenvolvimento do projeto (CASAROTTO, 1999).

As estimativas de custo podem ser melhoradas por refinamentos ocorridos durante a execução do projeto, com a melhor definição das suas atividades. Como a incerteza faz parte do planejamento do projeto, a equipe deve prever um intervalo para a estimativa dos custos, de forma que se o projeto ocorre rápida e corretamente, ou lenta e problematicamente, o custo final esteja dentro do planejado.

O PMBOK (2000) propõe algumas técnicas para estimar os custos, entre elas: (i) estimativa por analogia (descendente), que utiliza custos de projetos semelhantes, já realizados; (ii) modelagem paramétrica, que utiliza as características (parâmetros) do projeto para modelar os custos matematicamente; (iii) estimativa ascendente, que estima os custos das atividades ou pacotes de trabalho para depois agregá-los e obter o custo total do projeto; e (iv) ferramentas computacionais, como *softwares* de

gerência de projetos e planilhas eletrônicas, que são utilizadas como base de apoio para a estimativa de custos.

c. Orçamentação dos Custos do Projeto

O objetivo da orçamentação dos custos é alocar as estimativas globais de custos às atividades individuais ou pacotes de trabalho do projeto, definindo uma linha base de custo, e sobre esta linha base, medir e analisar o desempenho do projeto (ver Figura 13).

Além das ferramentas utilizadas na estimativa de custos, podem ser utilizadas outras técnicas para o rateio dos custos entre as atividades.

As atividades de um projeto podem ser executadas por diferentes combinações de tecnologias, equipamentos, tamanho das equipes, turnos e horas de trabalho.

O custo destas atividades é função de combinações de tempos, recursos e tecnologias, de maneira não necessariamente proporcional. Os fatores que influenciam a seleção dessas combinações são vários, alguns restritivos, outros relacionados com as estratégias de mercado ou condições climáticas. Os fatores principais podem ser o custo, o prazo, ou ambos.

Os custos podem ser alocados às atividades de forma direta ou indireta. Os custos diretos são compostos pelos custos de materiais, mão-de-obra, utilização de máquinas e equipamentos. Este tipo de custo é inversamente proporcional ao tempo de execução, isto é, quanto menor o prazo para execução do projeto, maiores os custos diretos. Os custos indiretos estão relacionados com os custos decorrentes da estrutura administrativa de apoio. Os custos indiretos são diretamente proporcionais ao tempo de execução. O custo total do projeto é, nesta técnica simplista, a soma dos custos diretos e indiretos.

O método de gerenciamento dos custos em projetos proposto pelo PMBOK (2000) não cita outras técnicas de estimativa e orçamentação dos custos, como o Custeio Baseado em Atividades – ABC, já bastante difundido em projetos. Segundo Osiro (2002), o ABC trata os custos fixos de forma diferente das demais metodologias de custeio, considerando-os no custeio dos produtos, serviços e clientes. Desta forma,

o método é considerado estratégico, e indicado para tomada de decisões de longo-prazo.

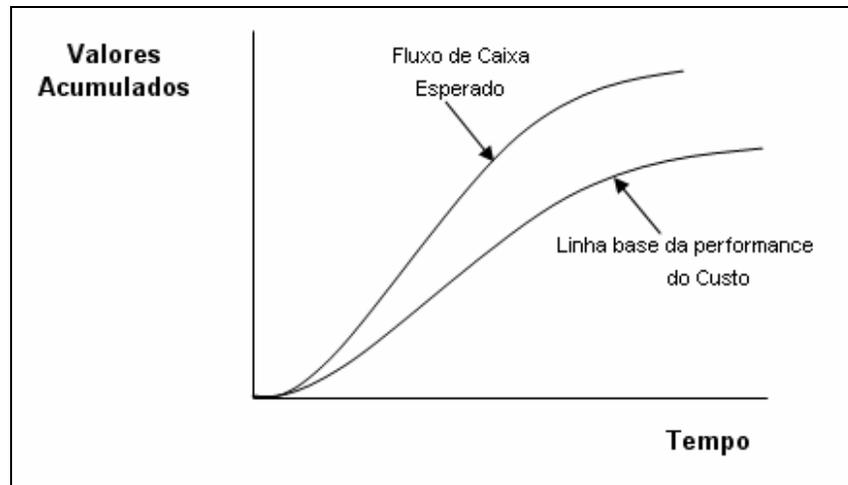


Figura 13 – Linha base de custo

Fonte: PMBOK, 2002, p. 90.

d. Controle dos Custos do Projeto

O controle dos custos está associado a (i) influenciar os fatores que criam as mudanças na linha base de custo, garantindo que estas mudanças sejam benéficas; (ii) determinar que houve alteração na linha base de custo; e (iii) gerenciar as mudanças, quando e como elas surgirem.

O controle dos custos deve garantir o conhecimento dos motivos das variações ocorridas no custo do projeto, estando integrado com outras áreas do gerenciamento do projeto (escopo, prazo, qualidade). A necessidade ou não de ocorrerem mudanças nos custos do projeto é oriunda de comparações entre os relatórios de desempenho e a linha base de custo.

Dentre as técnicas de relato de desempenho, destaca-se a Análise do Valor Agregado (*Earned Value Analysis* – EVA). Esta técnica integra medições de escopo, custo e prazo, auxiliando a equipe de gestão na avaliação do desempenho, através de três índices: (i) Valor Orçado (VO) - estimativa do custo planejada; (ii) Custo Real (CR) - custo incorrido na execução dos trabalhos realizados; e (iii) Valor Agregado (VA) -

valor do trabalho realmente executado. Esta técnica de medição do desempenho é mostrada na Figura 14.

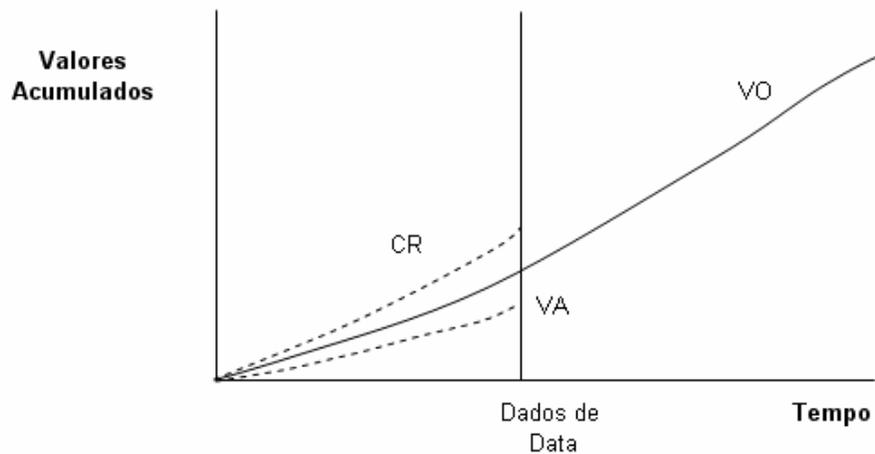


Figura 14 – Análise do valor agregado

Fonte: PMBOK, 2000, p. 124

Esses três valores são utilizados conjuntamente, fornecendo medidas sobre a realização do trabalho dentro ou fora do planejado, como a variação do custo ($VC = VA - CR$) e a variação do prazo ($VP = VA - VO$), refletindo o desempenho do custo e do prazo do projeto.

As causas das variações, as razões por trás das ações corretivas tomadas e outras lições aprendidas durante o controle de custos, devem ser documentadas de forma a tornarem-se parte da base de dados históricos a ser utilizada no projeto corrente e em outros futuros (PMBOK, 2000; FILOMENA, 2004; BOENTE, 2003; MAXIMIANO, 2002).

2.2.5.5 Gerenciamento da Qualidade do Projeto

O gerenciamento da qualidade do projeto deve ser direcionado tanto para o gerenciamento do projeto quanto para o do produto do projeto, e deve garantir o atendimento das necessidades para as quais foi empreendido.

A qualidade de um produto reflete-se no atendimento às necessidades e expectativas do cliente, cumprimento de prazos planejados e obediência ao custo determinado, prevendo e minimizando erros e retrabalhos. Qualidade pode ser

definida como o grau de adequação entre as expectativas dos consumidores e a percepção deles ao produto. Tanto as expectativas como as percepções são influenciadas por fatores controláveis ou não pela operação. Estes fatores devem ser gerenciados de forma que o produto final atenda a estas expectativas e seja percebido como de qualidade pelo consumidor (SLACK *et al*, 1999).

Determinar e entregar os níveis requeridos de qualidade e funcionalidade do produto são responsabilidades do gerente e da equipe do projeto. A natureza temporária dos projetos faz com que os investimentos na melhoria da qualidade do produto, a prevenção de defeitos e a avaliação dos resultados fiquem sob responsabilidade da organização executora (PMBOK, 2000).

Os processos utilizados no gerenciamento da qualidade do projeto são mostrados na Figura 15, e descritos a seguir.

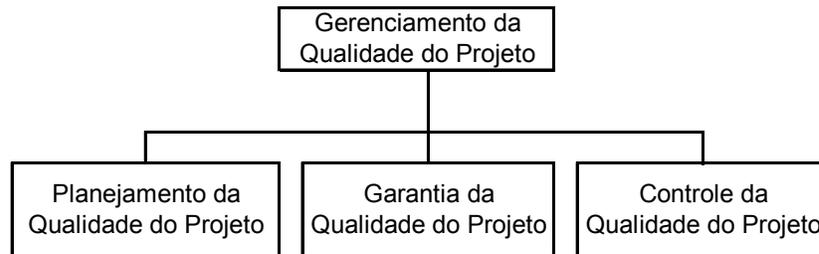


Figura 15 – Processos componentes do gerenciamento da qualidade do projeto

Fonte: PMBOK, 2000

a. Planejamento da Qualidade do Projeto

A qualidade deve ser planejada, não inspecionada. O planejamento da qualidade envolve a identificação dos padrões de qualidade relevantes para o projeto, e como trabalhar para satisfazê-los. Segundo Verdi (2002), os padrões da qualidade relevantes são referenciados como pontos críticos do projeto, que são resultados tanto do produto do projeto como da prestação de serviço resultante do trabalho executado.

O planejamento da qualidade deve ser executado em paralelo com os outros processos de planejamento do projeto, pois mudanças que venham a ser necessárias para o atendimento dos padrões de qualidade podem ter implicações em prazos, custos, escopo e na qualidade.

A equipe do projeto deve garantir que as políticas da qualidade adotadas para o empreendimento sejam de conhecimento das partes envolvidas, assim como a declaração do escopo e a descrição do produto. O atingimento dos padrões requeridos gera menor retrabalho, maior produtividade, menores custos e aumento da satisfação dos clientes.

Dentre as técnicas para o planejamento da qualidade descritas pelo PMBOK (2000), Slack *et al* (1999), Verdi (2002), Maximiano (2002), Boente (2003), destacam-se: (i) *Benchmarking*, comparação das técnicas e padrões reais com outros projetos, pertencentes ou não a organização; (ii) Diagrama de Ishikawa, que ilustra as causas e sub-causas relacionadas a prováveis efeitos e erros potenciais; (iii) Fluxogramas de processo, que mostram a interação dos elementos do sistema.

O planejamento da qualidade descreve como a equipe do projeto implementará suas políticas de qualidade, o significado de cada elemento e como ele será medido no processo.

b. Garantia da Qualidade do Projeto

Garantir a qualidade de um projeto consiste em implementar um sistema da qualidade, composto por atividades planejadas e sistematizadas, que garantam o fornecimento de um produto que satisfaça os padrões de qualidade relevantes. O processo de garantia da qualidade deve ser executado ao longo de todo o projeto.

O gerenciamento da qualidade pode sofrer revisões, chamadas auditorias, que objetivam melhorar o desempenho do sistema da qualidade implantado no projeto e na própria organização, o que inclui ações para aumento da efetividade e eficiência do projeto.

c. Controle da Qualidade do Projeto

O controle da qualidade envolve monitorar os resultados específicos do projeto e determinar se estão de acordo com os padrões de qualidade relevantes, identificando formas de eliminar as causas de resultados insatisfatórios. A qualidade pode ser medida por uma série de dimensões como o atendimento, prazo de entrega, o valor do produto, a responsabilidade e motivação dos colaboradores, a resposta dos consumidores.

Algumas ferramentas como as cartas de controle, diagrama de Pareto, diagrama de Ishikawa, FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*) e FTA (*Fault Tree Analysis*), podem ser utilizadas em etapas apropriadas do projeto, na busca das causas fundamentais dos problemas, bem como na definição de planos de ação para prováveis bloqueios. A Figura 16 ilustra o modelo de gestão da qualidade proposto por Verdi (2002).

2.2.5.6 Gerenciamento dos Recursos Necessários ao Projeto

É função da equipe de gerenciamento do projeto tornar a utilização dos recursos envolvidos no projeto mais efetiva, identificando e designando responsabilidades e os relacionamentos de reporte, através de um plano organizacional.



Figura 16 – Modelo de gestão da qualidade em projetos

Fonte: Verdi, 2002, p. 4

Os papéis do projeto e as responsabilidades são associados a todas as partes envolvidas no mesmo, e variam durante a execução. A utilização de uma Matriz de Responsabilidades é importante na ligação entre os recursos e o escopo definido do projeto, e originará um organograma com as definições de responsabilidades.

A definição e o desenvolvimento da equipe de projeto é dado em função da disponibilidade dos recursos humanos e financeiros, e da importância do projeto para a organização (PMBOK, 2000).

2.2.5.7 Gerenciamento das Comunicações do Projeto

A estrutura organizacional dos projetos tem efeito direto nos seus requisitos de comunicação. O gerenciamento das comunicações identifica as necessidades de informações das partes envolvidas e determina os meios adequados para o atendimento dessas necessidades. Para a gestão das comunicações do projeto são necessários os seguintes processos (PMBOK, 2000): planejamento das comunicações do projeto, distribuição das informações do projeto, relatórios de desempenho do projeto e encerramento administrativo do projeto. A seguir, cada processo será brevemente descrito.

a. Planejamento das Comunicações do Projeto

É o processo que fornece a estrutura de coleta e armazenamento, distribuição, a descrição e os meios de produção das informações do projeto. Fornece também um método de atualização do plano à medida que o projeto se desenvolve.

b. Distribuição das Informações do Projeto

A importância do armazenamento das informações para o planejamento de projetos futuros é vital para o aumento de competitividade da organização. Estas informações devem ser mantidas de forma organizada, de fácil acesso por todas as partes envolvidas, devem ser claras e de fácil compreensão. Para o projeto em desenvolvimento, as informações devem ser distribuídas de acordo com a necessidade dos profissionais envolvidos.

c. Relatórios de Desempenho do Projeto

Relatórios de desempenho são conjuntos de informações sobre o desempenho do projeto, tendo como propósito posicionar as partes envolvidas sobre a utilização dos recursos para o alcance dos objetivos do projeto. Os relatos de desempenho organizam e sintetizam as informações, apresentam uma análise dos resultados, e são detalhados de acordo com as necessidades de cada parte envolvida.

d. Encerramento Administrativo do Projeto

É o processo de verificação e documentação dos resultados obtidos de cada fase ou mesmo do projeto como um todo. Nesta fase, as informações relevantes são arquivadas e os resultados são avaliados, de modo a confirmar que o projeto reflete as especificações desejadas.

2.2.5.8 Gerenciamento dos Riscos do Projeto

O risco ligado ao projeto é um evento ou condição incerta que tem efeito positivo ou negativo para os objetivos do projeto, no caso de ocorrência. Se este evento ocorrer, existirão conseqüências no custo, cronograma ou qualidade do projeto. Os riscos incluem tanto ameaças aos objetivos do projeto quanto as oportunidades para aprimorá-los.

Os riscos podem ser classificados como conhecidos, quando são identificados, analisados e, portanto, controlados, ou desconhecidos, quando não podem ser gerenciados, mas devem ser considerados através da experiência em projetos similares.

O gerenciamento dos riscos do projeto é um processo sistemático que visa identificar, analisar e responder aos eventos incertos, maximizando a probabilidade de ocorrência de eventos positivos e minimizando a probabilidade de ocorrência de eventos adversos aos objetivos do projeto. A Figura 17 mostra os processos necessários para o gerenciamento dos riscos do projeto, conforme PMBOK (2000).

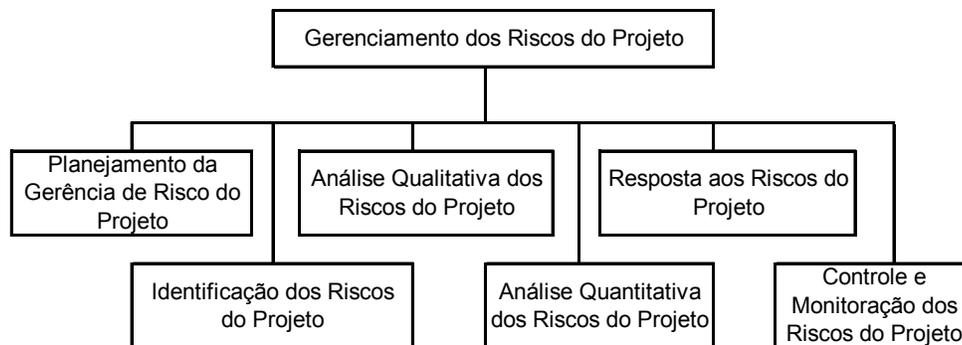


Figura 17 – Processos componentes do gerenciamento dos riscos do projeto

Fonte: PMBOK, 2000

a. Planejamento da Gerência de Risco do Projeto

As organizações de projetos podem apresentar diferentes abordagens para analisar e responder aos riscos, especializando-se conforme o tipo dos projetos que desenvolve. Da mesma forma, cada profissional envolvido pode responder aos riscos do projeto de forma diferente.

O plano da gerência de riscos descreve como a identificação, análise, resposta, monitoramento e o controle dos riscos serão estruturados e executados durante o ciclo de vida do projeto. O plano de gerência dos riscos define ainda funções e responsabilidades, orçamento, metodologia e tolerâncias no tratamento dos eventos incertos.

b. Identificação dos Riscos do Projeto

A equipe de gerência dos riscos, em conjunto com a equipe de gerência do projeto, clientes e demais partes envolvidas, determina quais os riscos que podem afetar o projeto, documentando suas principais características.

Os riscos que podem influenciar os projetos podem ser organizados em categorias (PMBOK, 2000): (i) riscos técnicos, relacionados com as tecnologias envolvidas nos processos; (ii) riscos de gerência do projeto, relacionados com a utilização precária das disciplinas de gerência de projetos; (iii) riscos organizacionais, envolvidos com a administração interna das organizações; (iv) riscos externos, relacionados com questões legais, ambientais, trabalhistas, climáticas e de força maior.

Os riscos podem ser classificados segundo seu impacto para o projeto (WIDEMAN, 1992): (i) riscos de escopo, associados às alterações no escopo; (ii) riscos de qualidade, como falhas na realização das atividades; (iii) riscos de cronograma, que envolvem o risco de não completar as atividades dentro do tempo estimado, bem como os riscos associados às dependências lógicas da rede; (iv) riscos de custo, associados a probabilidade de não completar as atividades dentro de um custo estimado.

O processo de identificação dos riscos é interativo, requer um entendimento da missão, do escopo e dos objetivos do projeto, e pode requerer ações adicionais em

outras áreas da gerência do projeto. Inicialmente obtém-se uma relação ampla dos prováveis riscos, através da utilização de técnicas como *brainstorming*, entrevistas, análises SWOT (forças, fraquezas, oportunidades e ameaças) entre outras.

O processo de identificação do risco busca também o conhecimento das prováveis fontes de riscos, relacionando-as de maneira abrangente, incluindo todos os itens identificados, independentemente da frequência, probabilidade de ocorrência ou grau de perda ou ganho decorrente da ocorrência. Como exemplo de fontes de risco, cita-se (DINIZ, 2002): mudanças nas especificações, erros de desenvolvimento, omissões ou problemas de implantação, papéis e responsabilidades mal definidas, falha nas estimativas, equipe destreinada. Após os prováveis riscos serem obtidos, inicia-se a análise qualitativa e quantitativa (PMBOK, 2000; DINIZ, 2002; WIDEMAN, 1992).

c. Análise Qualitativa dos Riscos do Projeto

A análise qualitativa prioriza os riscos de acordo com seu efeito potencial nos objetivos do projeto. A avaliação do impacto e da probabilidade de ocorrência dos riscos identificados deve ser feita ao longo do projeto.

Quando os projetos são simples e do mesmo tipo, o entendimento dos riscos, das suas probabilidades e conseqüências é maior. Em contrapartida, projetos que utilizam tecnologia de ponta, com alto grau de complexidade, tendem a ter maior incerteza, e a probabilidade de ocorrência dos riscos é maior.

A análise qualitativa dos riscos requer dados precisos e não tendenciosos. Os riscos com probabilidade e impacto altos, classificados por meio de matrizes de probabilidade-impacto, são selecionados para análises adicionais, e os demais são arquivados, mas não descartados (PMBOK, 2000).

d. Análise Quantitativa dos Riscos do Projeto

O processo de análise quantitativa dos riscos do projeto envolve a avaliação numérica da probabilidade de cada risco, suas conseqüências para os objetivos, e seu impacto no risco global do projeto. A análise quantitativa: (i) determina a probabilidade de alcançar um objetivo específico do projeto; (ii) dimensiona o custo e as reservas

que possam ser necessárias; (iii) identifica os riscos críticos em relação ao risco global; (iv) identifica custos, cronogramas e objetivos realistas e factíveis.

A análise quantitativa utiliza dados históricos, distribuições de probabilidade contínuas, análises de tendência, simulações, e é realizada na seqüência da análise qualitativa. Como resultado, gera uma lista dos riscos priorizados, contendo aqueles que trazem maior oportunidade ou maior ameaça ao projeto, juntamente com seus impactos (PMBOK, 2000).

e. Resposta aos Riscos do Projeto

Planejar as respostas aos riscos identificados e priorizados é desenvolver estratégias para ampliar oportunidades e reduzir ameaças aos objetivos do projeto, assegurando o correto tratamento dos riscos.

As respostas aos riscos devem considerar a gravidade do risco, o custo comparado aos desafios enfrentados, a oportunidade de ter êxito, ser aceito por todas as partes envolvidas e ser delegado a um responsável.

Ações podem ser tomadas no sentido de tentar evitar a ocorrência do risco, como alterações no plano do projeto, ações antecipadas para minimizar o impacto do risco, prever reservas de contingência. O planejamento das respostas considera a priorização dos riscos, e deve detalhar as ações a serem tomadas em um plano de resposta, contendo as informações relevantes para a ação e para documentação da ocorrência.

Segundo Diniz (2002), a minimização dos riscos geralmente se enquadra em uma das seguintes categorias: (i) evitar o risco através da diminuição da causa; (ii) mitigar, conduzindo ações para reduzir o impacto decorrente de ocorrências negativas para os resultados do projeto; (iii) aceitar as conseqüências decorrentes dos riscos, elaborando um plano contingencial.

Um plano contingencial consiste de um conjunto de ações pré-estabelecidas que são colocadas em prática caso um risco identificado venha ocorrer. Os planos de contingência integram o plano de gerência dos riscos do projeto (DINIZ, 2002; PMBOK, 2000).

f. Controle e Monitoração dos Riscos do Projeto

O controle dos riscos e seu monitoramento são os processos necessários para manter a rastreabilidade dos riscos identificados, monitorar riscos residuais, identificar novas formas de risco, assegurar a implantação dos planos de contingência e avaliar sua eficiência (PMBOK, 2000).

Na medida em que fatos positivos ou negativos ao projeto se concretizam, ações previstas no plano de gestão de riscos são colocadas em prática. Além disso, à medida que o projeto evolui ao longo do seu ciclo de vida, é necessário que se proceda à seqüência de identificação, avaliação e atuação quanto a riscos, de maneira contínua (DINIZ, 2002).

A comunicação permanente entre as partes envolvidas no projeto, avaliando periodicamente a aceitação dos níveis de risco, fornece informações que auxiliam a tomada de decisões efetivas antes da ocorrência dos riscos, contribuindo para o sucesso do controle e monitoração dos riscos (PMBOK, 2000).

2.2.5.9 Gerenciamento das Aquisições do Projeto

O gerenciamento das aquisições é o conjunto de processos necessários para a obtenção de bens e serviços externos à organização executora. A gestão das aquisições é discutida do ponto de vista do comprador na relação comprador-fornecedor, existente em vários níveis do projeto. Os processos necessários ao gerenciamento das aquisições do projeto são mostrados na Figura 18, e descritos na seqüência.

a. Planejamento das Aquisições do Projeto

O gerenciamento das aquisições inicia com a definição do produto, do seu escopo e da análise das condições de mercado, e segue com a identificação das necessidades que podem ser mais bem atendidas através da contratação de produtos e serviços fora da organização.

O desenvolvimento do planejamento das aquisições utiliza técnicas que avaliam a opção de adquirir o produto/serviço ou podruzi-lo, considerando custos, capital disponível para investimentos, tecnologia envolvida, tipo de contrato, qualidade do produto a ser adquirido, entre outros fatores.

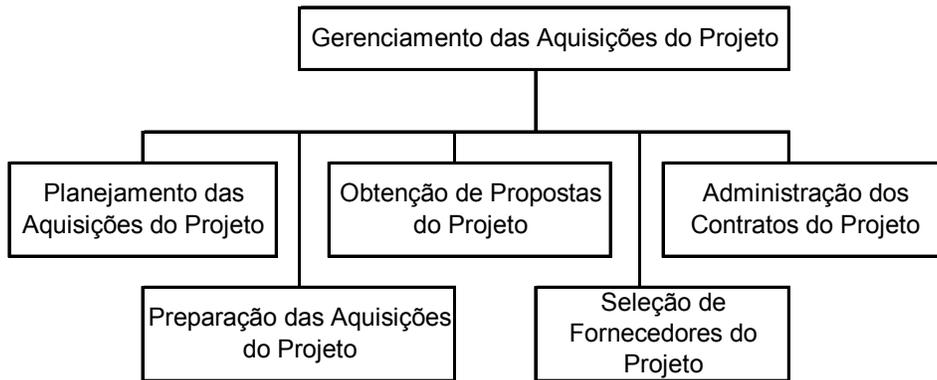


Figura 18 – Processos componentes do gerenciamento das aquisições do projeto

Fonte: PMBOK, 2000.

O plano de gerência das aquisições descreve os processos de aquisição, o tipo de contrato que será utilizado, os padrões de qualidade, níveis de desempenho, prazos, custos. O plano é apresentado como uma Especificação de Trabalho (*Statement of Work – SOW*). O nível de detalhamento do SOW deverá ser adequado ao entendimento dos prováveis fornecedores.

b. Preparação das Aquisições do Projeto

A preparação das aquisições consiste em documentar os requerimentos do produto e identificar os seus prováveis fornecedores, utilizando formulários padronizados de contratos, e compondo um edital para licitação dos serviços demandados.

Os documentos de aquisição são utilizados na obtenção das propostas dos prováveis fornecedores. Tais documentos são estruturados, proporcionando respostas corretas e completas, e incluem o SOW, os procedimentos de resposta, além de todas as cláusulas contratuais de forma clara. Devem ser rigorosos no que tange a consistência e equivalência das respostas, mas flexível ante formas de melhoria.

c. Obtenção de Propostas do Projeto

A obtenção de propostas envolve a obtenção das informações sobre os preços dos produtos/serviços dos prováveis fornecedores para o atendimento das necessidades do projeto. Nesta etapa, os esforços são de responsabilidade dos prováveis fornecedores, com custos mínimos para o projeto. Do ponto de vista do contratante, a proposta é um documento preparado pelo fornecedor que descreve a sua capacidade e a possibilidade de fornecer o produto especificado. Do ponto de vista do fornecedor, a proposta é a base para a negociação e venda da idéia do projeto.

As propostas são obtidas em reuniões de licitação entre os prováveis fornecedores com a empresa contratante, ou através de anúncios em publicações de circulação geral.

d. Seleção de Fornecedores do Projeto

A seleção de fornecedores é realizada na seqüência a obtenção das propostas e tomada de preços. A seleção é realizada pela equipe de projeto, que considera, entre outros fatores, os custos, prazos e a qualidade do produto/serviço que está sendo ofertado. As propostas podem ser divididas e analisadas separadamente, conforme PMBOK (2000): (i) proposta técnica, referente a abordagem, e (ii) proposta comercial, relativa ao preço. Os critérios de avaliação podem incluir exemplos de fornecimento prévio, histórico do fornecedor com a organização contratante e também com outras organizações, certificações de organismos reconhecidos (ISO, PMI, e outros), políticas organizacionais, sistemas de ponderação, sistemas de classificação, além de outras técnicas.

Com o fornecedor selecionado, a equipe do projeto elabora um contrato entre as partes. Um contrato é um compromisso mútuo que obriga o fornecimento do produto especificado e as condições de pagamento. Embora todos os documentos do projeto estejam sujeitos a alguma forma de revisão e aprovação, a natureza do compromisso legal do contrato implica na sua submissão a um processo de aprovação mais extenso, de forma a assegurar a correta descrição do produto/serviço, atendendo às necessidades identificadas.

e. Administração dos Contratos do Projeto

Administrar os contratos é o processo de garantia de desempenho do fornecedor baseado nos requisitos contratuais. A equipe do projeto, quando da administração de contratos múltiplos e suas interfaces, deve estar ciente das implicações legais das ações tomadas.

Os resultados do trabalho decorrente de cada contrato são verificados segundo os padrões de qualidade pré-estabelecidos. A documentação é arquivada e, se necessário, podem ser realizadas mudanças contratuais mediante um sistema de controle de mudanças determinado. Relatórios de desempenho de cada contrato são organizados com o objetivo de relatar a eficiência do fornecimento.

Com o encerramento do contrato, a organização verifica o produto quanto à sua aceitação/satisfação e desempenho, e realiza o fechamento administrativo, onde ocorre a atualização e arquivamento dos documentos do contrato (especificações, cronogramas, documentos financeiros, relatórios). A organização administradora informa formalmente ao fornecedor o término do contrato, através de notificação escrita.

2.3 Considerações Finais sobre o Capítulo

Verificou-se, na literatura sobre o gerenciamento de projetos pesquisada, que há um direcionamento para a estrutura proposta pelo PMI, o *PMBOK Guide*, defendido por alguns autores como Casarotto (1999), Maximiano (2000), Prado (2003), Prikladnicki (2003). Contudo, especificamente sobre a estimativa de custos de projetos de Centrais Hidrelétricas, nada foi encontrado a respeito. Além da estimativa de custos, e seguindo a linha de pesquisa dos autores referenciados, ao tentar estimar custos, indiretamente estar-se-á alterando as especificações de prazo e de qualidade do projeto.

Como foi mencionado no capítulo inicial, um dos objetivos deste trabalho é contribuir com novas informações que possam se tornar úteis em trabalhos futuros sobre gestão de projetos de centrais hidrelétricas. Neste contexto, o capítulo seguinte trará informações técnicas mais detalhadas a respeito dos projetos de PCHs, além de características específicas destes projetos, que auxiliarão no seu gerenciamento e controle. Sabe-se que para a execução do projeto, é necessário avaliar os custos associados à sua realização, e isto envolve muitas variáveis. Impõe-se o

desenvolvimento de uma ferramenta que oriente a análise prévia dos custos de construção de PCHs, estabelecendo parâmetros orientativos.

CAPÍTULO 3

3 SISTEMÁTICA PROPOSTA PARA AVALIAÇÃO DOS CUSTOS DE CONSTRUÇÃO DE PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS

Neste capítulo será definida a sistemática utilizada para determinação do custo global dos projetos de Pequenas Centrais Hidrelétricas, objetivo principal deste trabalho de conclusão.

Os dados utilizados no estudo para composição dos custos das atividades são fictícios, devido à empresa onde será realizado este estudo não permitir sua divulgação, porém estes dados serão tratados durante o restante deste trabalho como se fossem realmente obtidos do banco de dados da organização, o que permitirá uma rápida familiarização à sistemática proposta e também permitirá conhecer como utilizar estes dados quando os mesmos estiverem disponíveis.

A empresa que será analisada atua no ramo de engenharia consultiva tendo como principal produto os projetos de Usinas Hidrelétricas. A empresa é, portanto, uma organização de projetos, sendo organizada segundo a estrutura matricial, com vários profissionais atuando em projetos diferentes. Em conjunto com análise ao banco de dados desta empresa foram realizadas entrevistas diretas com os profissionais responsáveis pela elaboração de propostas para novos projetos de Pequenas Centrais Hidrelétricas, onde se procurou coletar o máximo de informações sobre custos de equipamentos, funcionamento dos sistemas envolvidos, esquemas usuais de conexão da usina com o sistema elétrico, e ainda as formas de variação dos custos perante as características de cada projeto e dos equipamentos envolvidos.

Houve manifestações de interesse por parte da empresa no desenvolvimento de uma ferramenta de análise com base nos custos envolvidos em PCHs, evidenciando a possibilidade de utilização desta ferramenta. As empresas concorrentes não possuem ferramenta similar, e assim sua implantação trará como resultado para a organização uma vantagem competitiva frente sua concorrência.

O resultado desta etapa inicial é mostrado no Quadro 2, que é uma adaptação da metodologia desenvolvida por Echeveste (2003) para desenvolvimento de produtos, mas com enfoque dado aos empreendimentos de PCHs.

Quadro 2 – Etapas do desenvolvimento da sistemática

Fonte: Adaptado de Echeveste (2003)

Etapa 1 Pré-Desenvolvimento		Fase 1 - Avaliação da Oportunidade
Etapa 2 Desenvolvimento	Período de Conceituação	Fase 2 - Definição das Atividades
		Fase 3 - Custeio das Atividades
	Período de Aplicação	Fase 4 - Condições de Variabilidade da PCH a ser Construída
		Fase 5 - Método Aleatório de Custeio das Atividades
		Fase 6 - Composição do Custo Global do Empreendimento
Etapa 3 Pós-Desenvolvimento		Fase 7 - Indicadores de Desempenho da Utilização da Sistemática

As fases 1, 2 e 3 referem-se ao período de conceituação e serão descritas no capítulo 3, enquanto que as fases 4, 5 e 6, referentes ao período de aplicação, serão abordadas no capítulo 4 desta dissertação.

3.1 Etapa 1 – Pré-Desenvolvimento

Partiu-se inicialmente de um estudo de mercado para avaliar a necessidade do método que será proposto, e como já foi exposto nos capítulos anteriores, há a

necessidade de investimentos no setor de geração de energia, em especial em usinas de pequeno porte e mais próximas dos centros de carga.

3.1.1 Fase 1 – Avaliação da Oportunidade

A definição do escopo de cada atividade do projeto de PCHs faz parte das tratativas iniciais e formação do consórcio construtor que elabora uma proposta para participação no empreendimento. Habitualmente estes consórcios são constituídos de uma empreiteira civil, uma empresa fabricante de equipamentos eletromecânicos, denominada integradora, e uma empresa projetista, conforme ilustrado na Figura 19. Analisando a proposta e o escopo do trabalho a ser realizado, estimam-se as equipes de desenvolvimento e execução do projeto para cada componente do consórcio, e inicia-se o processo de formação destas equipes, com a definição de suas atribuições e de dos cronogramas de execução das atividades. Esta etapa inicial é associada ao Pré-Desenvolvimento do Produto conforme Echeveste (2003).



Figura 19 – Empresas formadoras dos consórcios construtores de PCHs

3.2 Etapa 2 – Desenvolvimento – Período de Conceituação

A etapa de desenvolvimento inicia com a definição das atividades que farão parte do trabalho e é concluída com uma demonstração do método proposto.

3.2.1 Fase 2 – Definição das Atividades

No capítulo 2, foram apresentados métodos para o detalhamento do escopo do projeto. Foi verificado que existem diferentes maneiras de se detalhar o escopo, sendo que a escolha da qual será utilizada depende de fatores como a importância do

projeto, os recursos disponíveis para utilização, a experiência da equipe de gerenciamento, e outros.

Segundo Menezes (2003), uma ferramenta aplicável a qualquer organização é a Estrutura Analítica de Projetos – EAP, representação gráfica do projeto, elaborada de forma a evidenciar seus componentes e as atividades necessárias a sua conclusão. Este processo deve compreender todo o projeto, caracterizando a inter-relação hierárquica entre os distintos elementos que o compõem, minimizando a probabilidade de esquecimento de atividades.

A técnica da divisão do projeto em atividades, que é definida também por Casarotto (1999) como Estrutura de Divisão de Trabalho (*Work Breakdown Structure – WBS*), é iniciada pela definição do elemento principal (objetivo) do projeto. O objetivo é decomposto em elementos componentes naturais (sub-sistemas) gerando um nível inferior. Cada um destes elementos é segregado em seus subcomponentes, gerando outros níveis inferiores. O processo continua até ser atingido o nível mínimo necessário, determinado pela equipe de gerenciamento a partir das especificidades e necessidades de controle do projeto. As estruturas analíticas de projetos anteriores podem ser reutilizadas como base em novos projetos, quando estes têm características comuns, conforme recomendado no PMBOK (2000).

O projeto de uma Pequena Central Hidrelétrica – PCH pode ser dividido em atividades componentes e sub-sistemas, de acordo com a estrutura de divisão do trabalho. Esta divisão em atividades componentes traz algumas vantagens, já evidenciadas por Menezes (2003):

- Auxilia na separação do projeto em disciplinas;
- Melhora a comunicação dentro do projeto a partir do gráfico de atividades;
- Auxilia na determinação dos tempos e custos relacionados a cada atividade básica;
- Identifica interfaces e eventos-chave para o projeto;
- Facilita a identificação dos riscos e seu tratamento durante o planejamento.

O processo de divisão do projeto em seus componentes principais aplicado neste trabalho seguirá alguns critérios peculiares ao ramo dos projetos de plantas de geração de energia:

- Segregar o projeto conforme os ramos de engenharia envolvidos. Desta forma, têm-se as áreas de engenharia civil, engenharia elétrica, engenharia mecânica, e a parte de gerenciamento e administração do projeto.
- Separação por etapas do projeto, dentro da linha do tempo de execução. O trabalho a ser realizado no empreendimento de uma PCH engloba o projeto em si, a execução, os fornecimentos de equipamentos e matérias-primas para a execução, obras complementares como execução de um canteiro e alojamento para os funcionários, e trabalhos finais.
- Alocação dos custos. As atividades componentes devem ser desmembradas até um nível em que se possa alocar custos a cada sistema de forma coerente e com certa facilidade. Nesta análise serão investigados documentos de outros projetos já executados, onde foram contratados os fornecimentos de equipamentos eletromecânicos, empreiteiros, serviços de gerenciamento e de projeto.

Baseado nos critérios acima e nas entrevistas diretas com os profissionais atuantes na empresa sob análise, o processo de construção de uma PCH foi dividido em sub-sistemas, conforme Figura 20.

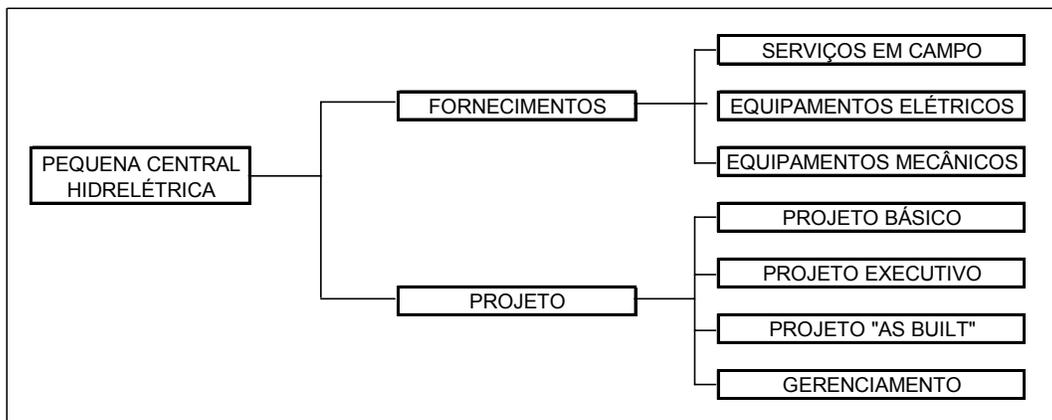


Figura 20 – Estrutura de divisão do projeto de PCHs – componentes principais

Analisando os principais componentes criados nos primeiros níveis de divisão, e considerando os critérios de divisão das atividades anteriormente expostos, conclui-se que estes componentes podem ser subdivididos novamente. Desta forma, consegue-se um melhor detalhamento das atividades, e o processo de alocar custos fica próximo ao observado nos demais projetos já executados.

O Quadro 3 mostra a divisão final do projeto de PCHs em sub-sistemas e suas atividades componentes.

Cada atividade de último nível possui características próprias que variam conforme alguns fatores, descritos adiante.

3.2.2 Fase 3 – Custeio das Atividades

A montagem da estrutura de divisão do trabalho nas suas atividades componentes permite ao gerente do projeto, juntamente com os engenheiros especialistas em cada área, a determinação dos recursos necessários (pessoas, equipamentos, materiais) e suas respectivas quantidades necessárias para a execução das atividades. A identificação dos recursos irá depender do conhecimento do trabalho a ser desenvolvido, da disponibilidade dos recursos na organização executora e também fora dela.

O processo de custeio mais estruturado e utilizado para projetos, conforme foi verificado na revisão bibliográfica, é o descrito pelo PMBOK (2000), que se fundamenta no planejamento e estimativa dos recursos e dos seus custos associados, bem como de seu controle. Os trabalhos de Filomena (2004) e de Kinsella (2002), com o mapeamento inicial das atividades e a utilização da metodologia do *Activity-Based Costing* – ABC em conjunto com os conceitos do PMBOK, são complementares e também serão considerados nesta dissertação.

Quadro 3 – Estrutura final de divisão do projeto de PCHs

1 Projetos
1.1 Projeto Básico
1.2 Projeto Executivo
Projeto executivo civil
Projeto executivo eletromecânico
1.3 Projeto <i>as built</i>
1.4 Gerenciamento do Projeto
2 Fornecimentos
2.1 Serviços em campo
Obras Civis
condições climáticas/geográficas favoráveis
condições climáticas/geográficas normais
condições climáticas/geográficas desfavoráveis
Montagem eletromecânica
Comissionamento e testes
2.2 Equipamento elétricos
Gerador
< 10 MW
> 10 MW e < 30 MW
Transformador elevador
conexão por bloco unitário, potência < 10 MW
conexão por bloco unitário, potência > 10 MW
conexão por barra de geração, potência < 10 MW
conexão por barra de geração, potência > 10 MW
Equipamentos auxiliares elétricos
Sistema de proteção e controle
Instalações Elétricas
Sistema de Transmissão
com subestação e conexão tipo bloco unitário
sem subestação e conexão tipo bloco unitário
com subestação e conexão tipo barra de geração
sem subestação e conexão tipo barra de geração
2.3 Equipamentos mecânicos
Turbina
Turbina tipo 1 - Francis < 10 MW
Turbina tipo 2 - Francis > 10 MW
Turbina tipo 3 - Kaplan < 10 MW
Turbina tipo 4 - Kaplan > 10 MW
Conduto forçado
de comprimento < 100 m
de comprimento > 100 m
Equipamentos Hidromecânicos
Equipamentos de Movimentação e Levantamento
Equipamentos auxiliares mecânicos

3.2.2.1 Características que afetam os custos individuais das atividades – Parâmetros Técnicos

Após a definição das atividades do projeto de PCHs, inicia-se a definição dos recursos necessários para sua realização, e estimam-se os custos decorrentes de sua utilização, através de observações em projetos anteriores já executados, atualizados financeiramente, valores de propostas anteriores e a experiência dos membros da equipe executora para determinar pequenos ajustes que venham a ser necessários

O custeio foi realizado desde as atividades de último nível até a composição do custo da atividade principal, o custo global do projeto, descrito por Menezes (2003) como método *bottom-up*, ou seja, de baixo para cima na hierarquia das atividades.

Cada um dos sub-sistemas e suas atividades componentes, bem como a composição dos custos, baseado nos projetos já executados e nas entrevistas realizadas, serão descritos a seguir:

a. Projetos

A atividade de projeto dentro de um empreendimento engloba todo o trabalho de engenharia agregado na concepção e desenvolvimento do produto, que neste caso em particular é uma Pequena Central Hidrelétrica. A atividade será dividida em função da maturação da idéia, ou seja, existe uma fase de conceituação chamada de projeto básico, uma fase de projeto executivo, projeto como construído, além de uma sub-atividade de gerenciamento do projeto. Os serviços de caráter legal e jurídico serão considerados na formação dos custos das atividades.

o Projeto Básico

O projeto básico de uma usina hidrelétrica é o trabalho técnico realizado na fase de concepção do empreendimento, onde são definidas as estruturas civis, o número de unidades geradoras, os materiais são quantificados e as parcerias com fornecedores são firmadas. O projeto desenvolvido nesta atividade servirá de base para a elaboração do projeto executivo. O projeto básico de uma PCH deverá ser aprovado pela Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, que o analisa segundo critérios técnicos, ambientais e de segurança.

Na fase de concepção as áreas civil e eletromecânica trabalham em conjunto para determinar as interfaces e o projeto se torne de conhecimento e consenso geral.

O custo total da atividade de projeto básico é formado; (i) pelo custo da utilização de mão-de-obra técnica, que será considerado como independente do número de unidades geradoras; (ii) pelos custos jurídicos e de advocacia que também não são dependentes do número de unidades geradoras da PCH e nem da variação de prazos de execução; (iii) e pelos custos de gerenciamento do projeto.

Nesta etapa é necessário, segundo a legislação brasileira, a obtenção da Licença Prévia (LP), e o custo associado a este serviço será considerado no custeio da atividade de projeto básico. Da mesma forma, o trabalho necessário para obtenção das Licenças de Instalação (LI) e de Operação (LO), durante a fase de projeto executivo, será considerado na formação do custo do projeto básico, por também ser independente do número de UGs do empreendimento.

Os custos alocados ao gerenciamento do projeto serão considerados mais adiante, em separado, e assim o custo total da atividade de projeto básico pode ser considerado independente da quantidade de Unidades Geradoras (UGs).

- Projeto Executivo

O projeto executivo de uma usina hidrelétrica é fundamentado nos conceitos preliminares definidos no projeto básico, bem como das parcerias formadas com os fornecedores de equipamentos e das interfaces contratuais e legais do negócio. O projeto executivo engloba o detalhamento das construções e instalações definitivas da usina, e deve ser elaborado com o foco na empresa que irá executá-lo, facilitando sua compreensão, respeitando legislações e normas, além do meio-ambiente.

Dentro da atividade de projeto, o projeto executivo é a etapa de maior duração, com seu início na obtenção da Licença para Instalação (documento que autoriza a execução do projeto pelos órgãos reguladores), e término com a conclusão de todas as estruturas civis e instalações eletromecânicas, e obtenção da Licença de Operação (LO).

Cabe ressaltar que os projetos básicos e executivos dos equipamentos contratados são de responsabilidade das empresas que os fornecem, e na execução

da sistemática proposta nesta dissertação será considerado que os custos dos projetos dos equipamentos foram alocados às atividades de fornecimento dos mesmos.

Na formação dos custos desta atividade, com o objetivo de facilitar sua obtenção e compreensão, o projeto foi dividido em dois sub-grupos: projeto executivo civil e eletromecânico. O projeto executivo civil é formado pelas atividades de arquitetura, geologia, geotecnia, cálculos estruturais, engenharia ambiental, paisagismo e urbanização. O projeto executivo eletromecânico é constituído do trabalho de engenharia realizado na elaboração dos projetos elétrico e mecânico.

Os custos componentes do projeto executivo civil e eletromecânico variam de acordo com a quantidade de unidades geradoras das usinas, em decorrência da sua elaboração depender de utilização de mão-de-obra, em tempo e quantidades superiores ao do projeto básico, com valores significativos para o custo global. O trabalho realizado na elaboração da LI e da LO foi alocado à atividade de projeto básico. Os serviços de gerenciamento do projeto serão considerados na seqüência.

- Projeto como construído ou *as built*

Após a elaboração do projeto executivo e de sua execução, a empresa projetista atualiza os documentos de projeto utilizados como base, em concordância com o que foi realizado na obra. Para uma correta realização deste trabalho, é necessário que as alterações feitas *in loco* sejam devidamente documentadas e disponibilizadas para sua elaboração.

Será considerado nesta dissertação que o projeto *as built* não sofre alterações de custo perante a variação da quantidade de unidades geradoras, ou de qualquer outra variante descrita anteriormente. Esta afirmação é sustentada pelo fato de que quando um problema encontrado no projeto de uma unidade geradora é solucionado no projeto e execução das demais é corrigido simultaneamente.

- Gerenciamento do Projeto

A atividade de gerenciamento agrupa os serviços administrativos necessários para o andamento da obra e das atividades de projeto, administração de contratos, aquisição de recursos necessários e serviços de secretaria. Além dos custos destas

atividades, o trabalho de cada gerente de projetos e gerente setorial no projeto considerado na formação dos custos da atividade. Da mesma forma, tem-se os custos relacionados ao trabalho inicial de elaboração de propostas, reuniões, viagens e hospedagens, que também são considerados na atividade de gerenciamento.

Para esta atividade será considerado nesta dissertação que a variação de unidades geradoras e demais variantes não interferem significativamente no custo e o mesmo será considerado constante.

b. Fornecimentos

As atividades componentes do sub-sistema Fornecimentos englobam os serviços executados fora da empresa projetista da PCH. Este enfoque foi utilizado em decorrência dos dados utilizados pertencerem à empresa que atua como projetista em parcerias e consórcios para construção de hidrelétricas. Os custos das atividades componentes deste sub-sistema podem ser vistos como custos de terceirizações para a realização do empreendimento, com uma parcela de lucro da empresa que irá fornecer o equipamento ou o serviço.

o Serviços em Campo

Habitualmente nos projetos de PCHs já realizados, bem como nas usinas de médio e grande porte, estas atividades são executadas por grandes empreiteiras de obras, com ampla experiência e profissionais tecnicamente qualificados.

▪ Obras civis

As obras civis englobam todos os serviços de execução do projeto na área civil, incluindo a construção das barragens e estruturas de contenção, escavações, construção de alojamentos e áreas de apoio, acessos ao local da obra, e a construção das estruturas civis como Casa de Força, Tomada D'Água, Vertedouro e Subestação. Estas atividades podem ser vinculadas diretamente ao número de unidades geradoras da usina, porém a variabilidade não é exclusivamente dependente desta quantidade. Dependem também das condições climáticas e geográficas do local, que podem atrapalhar na execução da obra. Em locais de difícil acesso, gasta-se mais tempo e mão-de-obra para preparação dos acessos e localização das edificações de apoio. Em

terrenos rochosos gasta-se mais em escavações e regularizações. Em locais com condições climáticas adversas, como longos períodos de chuva, a execução do projeto deve ser bem planejada para evitar imprevistos e atrasos.

Considerando as situações descritas, a atividade de obras civis foi dividida em três categorias distintas para composição dos custos:

- Categoria 1: condições favoráveis de execução, com custos menores;
- Categoria 2: condições normais de execução, com custos intermediários;
- Categoria 3: condições desfavoráveis de execução, com custos maiores.

- Montagem Eletromecânica

A atividade de montagem eletromecânica engloba os serviços executados no local da obra envolvendo os equipamentos elétricos e mecânicos, integrando-os para o funcionamento da central. Uma equipe formada por profissionais de diversas áreas é destinada à execução do projeto, com início na execução de acessos ao local, planejamento dos recursos necessários, cronogramas de montagem e de recebimento dos equipamentos, treinamentos necessários e outras atividades. A atividade termina com a usina em operação, todos os equipamentos montados, as estruturas necessárias durante a execução são desativadas ou desmobilizadas, e finalmente a obra é entregue ao cliente final.

Basicamente os custos relacionados à execução desta atividade são relativos a mão-de-obra, portanto sua variação irá depender do tempo de execução do projeto, e da qualificação necessária da equipe.

Em projetos de PCHs que contém todas as estruturas de um projeto de usina (Casa de Força, Tomada D'Água, Vertedouro, Subestação e Barragem), os prazos de execução variam conforme o número de unidades geradoras a ser montado. Durante o ponto de maior utilização de mão-de-obra, que é a montagem da unidade geradora, período mais representativo para o custo, a duração é praticamente a mesma para unidades de diferente potência. Portanto o custo de execução desta atividade é vinculado apenas ao número de conjuntos turbina-gerador a ser montado

- Comissionamento e Testes

Os serviços de comissionamentos e testes nos projetos de plantas geradoras incluem a conexão, verificação do funcionamento e testes de todos os equipamentos utilizados, desde relés, sensores, quadros, até o próprio gerador. Devido o elevado nível de tecnologia envolvido, todos estes equipamentos devem ser instalados e conectados segundo um padrão de qualidade e de confiabilidade, e de acordo com o especificado no projeto.

Para executar a atividade de comissionamento e testes requer-se profissionais com alto grau de instrução, com conhecimento no tipo de equipamento que será instalado, e com alguma experiência em projetos anteriores. O montante de trabalho executado durante o período de comissionamento de uma usina é invariável perante a variação de potência dos geradores, dependendo exclusivamente de sua quantidade no projeto.

- Equipamentos Elétricos
 - Geradores

O gerador elétrico é o equipamento responsável pela transformação da energia mecânica gerada pela rotação da turbina em energia elétrica. Fisicamente o gerador é composto da parte fixa, o estator, e da parte rotativa, o rotor. O rotor de um gerador é acoplado diretamente ao eixo da turbina, e sustentado por um mancal chamado mancal de escora.

Em uma PCH, este equipamento é fornecido normalmente com um conjunto de outros sub-sistemas auxiliares, como regulador de tensão que é responsável pela regulação da tensão nos terminais do gerador, sistema de excitação que é responsável pelo processo de partida do gerador, sistema de freio e levantamento, que atua na partida e na parada da máquina.

O sentido do eixo dos geradores, vertical ou horizontal, não afeta significativamente os custos da máquina, pois suas despesas de fabricação e fornecimento são praticamente as mesmas, e a quantidade de escavação necessária é similar.

A variação que pode ocorrer no custo do equipamento está ligada a sua potência, visto que os auxiliares de um gerador não têm influência no preço do

equipamento, e geralmente não alteram sensivelmente seus custos com a variação da potência. Existem duas faixas de potência que diferem em termos de custos os geradores: (i) < 10 MVA; (ii) entre 10 e 30 MVA. Além da faixa de potência, os custos são influenciados pelo número de unidades geradoras da usina.

- Transformadores

Os transformadores são os equipamentos responsáveis pela elevação da tensão de geração para a tensão de transmissão. Em projetos de PCHs, a tensão de geração é da ordem de 6900 V até 13800 V, sendo que a tensão de transmissão deve ser maior (entre 34500 V até 138000 V) para limitar as perdas de energia durante a transmissão.

No projeto e fornecimento de transformadores que conectam a usina ao sistema elétrico, não há inovações tecnológicas que façam os custos variarem significativamente. O que irá diferenciá-los é o esquema de conexão ao sistema elétrico.

No esquema de conexão tradicionalmente aplicado, chamado de conexão tipo bloco unitário, cada unidade geradora é interligada ao sistema através de um transformador exclusivo. Este sistema é mais aplicável com máquinas de maior potência. Outro esquema de conexão é o do tipo paralelo, com as unidades geradoras conectadas a uma barra de geração, que é conectada por sua vez ao sistema através de um único transformador.

A transformação da tensão pode ser realizada com o emprego de transformador trifásico ou banco de transformadores monofásicos, o que não traz variações significativas nos custos empregados, contribuindo apenas em termos de confiabilidade, pois o uso de bancos monofásicos viabiliza a compra de uma unidade reserva monofásica, mais barata do que uma unidade trifásica de maior potência. Usualmente em PCHs não há transformador reserva pelo fato de elevar os custos de implantação da mesma.

Portanto serão considerados o esquema de conexão ao sistema elétrico e a potência como fatores de alteração dos custos envolvidos com o fornecimento de transformadores. No caso de conexão por bloco unitário, deve ser considerado ainda o

número de unidades geradoras, que impactará no número de transformadores utilizados.

- Serviços Auxiliares Elétricos

O funcionamento das unidades turbina-gerador depende de motores elétricos que acionam bombas de circulação de óleo nos mancais, bombas de resfriamento que circulam água ou óleo, conjuntos de baterias que provêm corrente contínua, transformadores auxiliares que alimentam os painéis e quadros elétricos, sistema de iluminação, alimentação elétrica dos sistemas auxiliares mecânicos. Se alguns destes equipamentos falhar, a máquina principal deve parar para evitar grandes danos. Durante o conserto, a máquina ficaria parada sem produção, o que motiva a procura por qualidade e eficiência na execução e fornecimento dos serviços auxiliares elétricos.

Por se tratarem de soluções consagradas, dentre os vários métodos de fornecimento de energia para os serviços auxiliares não há variação significativa em termos de custo nos projetos pesquisados, comparando a potência dos geradores. A variação com mais impacto no custo é a do número de unidades geradoras, que acarreta em um sistema de auxiliares a mais para cada unidade, além de onerar a obra em termos de cablagem elétrica, instalações e potência de equipamentos.

Assume-se nos cálculos dos custos que a variação dos mesmos é dependente do número de unidades geradoras.

- Sistema de Proteção e Controle

O sistema de proteção elétrica engloba os painéis e equipamentos responsáveis por proteger os equipamentos principais (geradores, turbinas, transformadores, linhas de transmissão) de intempéries presentes no sistema elétrico, como sobretensões, sobrecargas, descargas atmosféricas e curto-circuitos. Sua variação depende da filosofia de proteção a ser aplicada. Para PCHs o sistema de proteção deve ser simples para não onerar o projeto como um todo, porém eficiente para que nenhum dano ocorra nos equipamentos principais.

O Sistema Digital de Supervisão e Controle – SDSC de uma usina é o conjunto de todos os equipamentos que têm por função supervisionar o funcionamento dos

equipamentos principais, realizar manobras e monitorar valores de grandezas. Possui uma sala de comando e operações, onde se localizam as estações de operação, de onde os operadores das usinas comandam seu funcionamento. As usinas podem ser comandadas à distância através de Centros de Operação Remota.

Os sistemas de proteção e de controle podem ser integrados, formando uma atividade denominada de sistema de proteção e controle. Esta atividade tem seus custos variando conforme o número de unidades geradoras da usina. A variação da filosofia de proteção e controle não trás grandes variações de custos por ser normalizada pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico - ONS.

- Instalações Elétricas

Esta atividade é formada pelos sistemas de aterramento e proteção contra descargas atmosféricas, iluminação, vias para cabos e cablagem. A instalação elétrica de uma usina é a fase que demanda maior prazo e quantidade de recursos dentro da macroatividade equipamentos elétricos, e varia sua quantidade de trabalho de acordo com a quantidade de conjuntos turbina-geradors dentro de uma PCH. A variação de potência das máquinas não altera os custos relativos a construção, pois há apenas um pequeno aumento nas dimensões das estruturas civis. Um fator que pode alterar os custos significativamente no fornecimento e execução das instalações elétricas é a dificuldade de acesso à localidade da obra, ou mesmo a dificuldade na compra dos materiais necessários em épocas de escassez, porém estes fatores foram desconsiderados neste trabalho.

- Sistema de Transmissão

O sistema de transmissão em projetos de centrais de geração de energia resume-se ao ponto de conexão da usina ao sistema elétrico. A atividade definida como Sistema de Transmissão no contexto do projeto inclui o projeto, fornecimento e montagem dos equipamentos relacionados com a Subestação de conexão, disjuntores, chaves seccionadoras, barramentos, estruturas de sustentação, instalações eletromecânicas e outros. Quando a usina possui subestação de conexão, os custos são mais elevados por necessitar-se de uma quantidade maior de equipamentos. Quando não existe subestação de conexão, os custos são menores. O

tipo de conexão também influencia significativamente os custos, como foi visto anteriormente.

Especificamente em projetos de PCHs, a atividade sistema de transmissão possui algumas peculiaridades, que visam minimizar os custos do empreendimento, e que serão consideradas na execução deste trabalho, destacando-se:

As subestações de conexão estão fisicamente anexadas às centrais, o que diminui os custos de execução, não havendo necessidade de linhas de interligação entre a Casa de Força e Subestação;

O esquema de conexão da usina com o sistema varia dentro de duas possibilidades: conexão em paralelo com barra de geração e uma linha de saída para o sistema, ou conexão tipo “bloco unitário”, com cada um dos geradores conectado ao sistema separadamente. Cada solução envolve diferentes custos. No caso de conexão por bloco unitário deve ser considerado também o número de unidades geradoras.

Cabe ressaltar ainda, que em alguns projetos já executados, o sistema de transmissão não fez parte do escopo. Isto ocorreu em casos onde a PCH faz parte de um complexo energético, ou seja, existe mais de uma PCH, e apenas uma subestação de conexão para todas.

Portanto assume-se neste trabalho que os custos relacionados a atividade Sistema de Transmissão dependem do tipo de conexão ao sistema elétrico, bem como da existência ou não de uma subestação de conexão.

- Equipamentos Mecânicos
 - Turbinas

A turbina de uma central hidrelétrica é, juntamente com o gerador, o coração do sistema de geração. As turbinas utilizadas nas usinas hidrelétricas são classificadas, conforme a norma brasileira P-TB-74, em dois tipos: turbinas de ação e turbinas de reação.

Turbinas de ação são aquelas em que o trabalho mecânico é obtido apenas da transformação de energia cinética. São do tipo Pelton, que exigem elevadas quedas, e por essa razão são pouco empregadas no Brasil, especialmente em PCHs.

Turbinas de reação são aquelas em que o trabalho mecânico é obtido pela transformação da energia cinética e da pressão da água em escoamento através das partes girantes. As turbinas de reação são do tipo Francis e de hélices. As turbinas de hélices podem ser de pás fixas ou ajustáveis, estas chamadas de turbinas tipo Kaplan. Estes tipos são mais comumente empregadas nas usinas do Brasil, pois necessitam de menor queda de água (SCHREIBER, 1977). A utilização de turbinas tipo Pelton será descartada neste trabalho.

Além do equipamento principal, a atividade é composta ainda dos equipamentos auxiliares da Turbina, como regulador de velocidade, equipamentos de manobra como válvulas, filtros, e todos os quadros de controle e demais equipamentos.

A variação dos custos envolvidos nos projetos de turbinas está relacionada ao tipo da turbina, definido em função das condições climáticas do local e das condições de vazão e queda de água disponíveis, além da potência da mesma e da quantidade de unidades geradoras da planta. Desta forma, a atividade será segregada nas seguintes categorias:

- Turbina 1: Turbina Francis de potência até 10 MW;
- Turbina 2: Turbina Francis de potência entre 10 e 30 MW;
- Turbina 3: Turbina tipo Kaplan de potência até 10 MW;
- Turbina 4: Turbina tipo Kaplan de potência entre 10 e 30 MW.

Além desta divisão, a composição dos custos da atividade deve considerar o número de unidades que serão fornecidas no projeto.

- Conduto Forçado

O conduto forçado é a estrutura destinada a condução de água, da sua captação (na Tomada D'Água) até a sua utilização (no interior das Turbinas). Esta estrutura é normalmente metálica, e seu comprimento depende das condições

geográficas onde se executará o projeto. Quando da concepção da usina, pode-se avaliar onde a mesma será implantada, e conclui-se a respeito do comprimento do conduto, estimando-se o custo de execução da atividade.

A variação de custos relacionada ao conduto forçado é desprezível quando se varia o número de unidades geradoras da usina, pois a tubulação é única até seu desemboque no interior da Casa de Força. Assim, os custos relacionados podem ser considerados constantes, com pequena variação segundo o comprimento.

Na elaboração deste trabalho, os custos alocados à execução dos condutos forçados foram agrupados em duas categorias, a saber:

- Conduto Forçado 1: trecho de condutos forçados com comprimento inferior a 100 metros;
- Conduto Forçado 2: trecho de condutos forçados com comprimento superior a 100 metros.

Não será atribuído a esta atividade o custo de montagem do conduto, sendo este custo alocado à atividade de Montagem Eletromecânica.

- Equipamentos Hidromecânicos

Os equipamentos hidromecânicos em uma usina hidrelétrica são basicamente as comportas, estruturas metálicas desenvolvidas com o objetivo de conter grandes volumes de água. Nas usinas podem existir alguns tipos diferenciados de comportas, como as comportas segmento, largamente utilizadas nas usinas do Brasil, que se caracterizam pela superfície em contato com a água ser um segmento de cilindro. Sua construção é simples e seu emprego é usual em Vertedouros.

Nos Vertedouros e Tomadas D'Água podem ser utilizadas também comportas planas, instaladas em ranhuras no concreto, com acionamento por gravidade. Por serem planas, sua construção é mais robusta, o que requer estruturas corretamente dimensionadas para movimentar seu peso.

Outro tipo de comporta utilizada em Vertedouros e Tomadas D'Água é a comporta de emergência ou *stop-log*, constituídas de certo número de elementos horizontais separados, igualmente instalados em ranhuras próprias no concreto. São destinadas a manutenção das comportas principais quando o reservatório está cheio.

Normalmente em Tomadas D'Água, o número de comportas seguirá a quantidade de unidades geradoras da usina, e o número de comportas para o Vertedouro dependerá da vazão do reservatório. Para PCHs, onde os reservatórios são menores, o número de comportas do Vertedouro limita-se entre uma e três comportas, e em alguns casos o Vertedouro é construído sem comportas, e a água verte pela cabeceira da barragem. Este tipo de tecnologia é chamado de Barragem Vertente. O custo de execução deste tipo de barragem equipara-se ao custo de um Vertedouro com uma comporta segmento.

No presente trabalho a variação dos custos dos equipamentos hidromecânicos será em função da quantidade de unidades geradoras, sendo considerado também um Vertedouro típico com uma comporta segmento.

- Equipamentos de Movimentação e Levantamento

Dentro do escopo do projeto de PCHs existem equipamentos que são utilizados durante a construção, mas que depois da entrada da usina em operação, devem continuar aptos para operarem. São os equipamentos de movimentação de cargas, como pórticos e pontes rolantes, monovias e talhas mecânicas.

Em toda Casa de Força, independentemente do tamanho, deve existir uma estrutura responsável pela montagem/desmontagem dos geradores e turbinas, e também destinada à remoção e movimentação de outros equipamentos de menor porte. Esta estrutura não depende do número de unidades geradoras e deve ser dimensionada para suportar o equipamento mais pesado da planta.

Normalmente as estruturas do Vertedouro e Tomada D'Água demandam estruturas similares para remoção e movimentação das suas comportas.

Portanto os custos envolvidos nesta atividade podem ser considerados como independentes da quantidade de unidades geradoras da usina, e para fins deste trabalho serão considerados como constantes na composição do custo global do projeto.

- Sistemas Auxiliares Mecânicos

Os sistemas auxiliares mecânicos são os sistemas que, juntamente com os sistemas auxiliares elétricos, garantem o funcionamento da planta. Estes sistemas são

segregados em dois sub-grupos, os que dependem do número de unidades geradoras como os sistemas de ar comprimido, combate a incêndio, água de resfriamento e de serviço, e os que não dependem da quantidade de máquinas como os sistemas de tratamento de água e de esgoto, de ventilação, de ar condicionado e drenagem. Os custos relacionados aos sistemas que não dependem do número de máquinas variam pouco significativamente quando comparados ao fornecimento de sistemas específicos para cada unidade geradora, portanto serão considerados neste trabalho os custos dos sistemas auxiliares mecânicos como dependentes do número de conjuntos turbina-gerador do empreendimento.

A Figura 21 mostra uma seção esquemática em uma Casa de Força, com alguns dos equipamentos descritos.

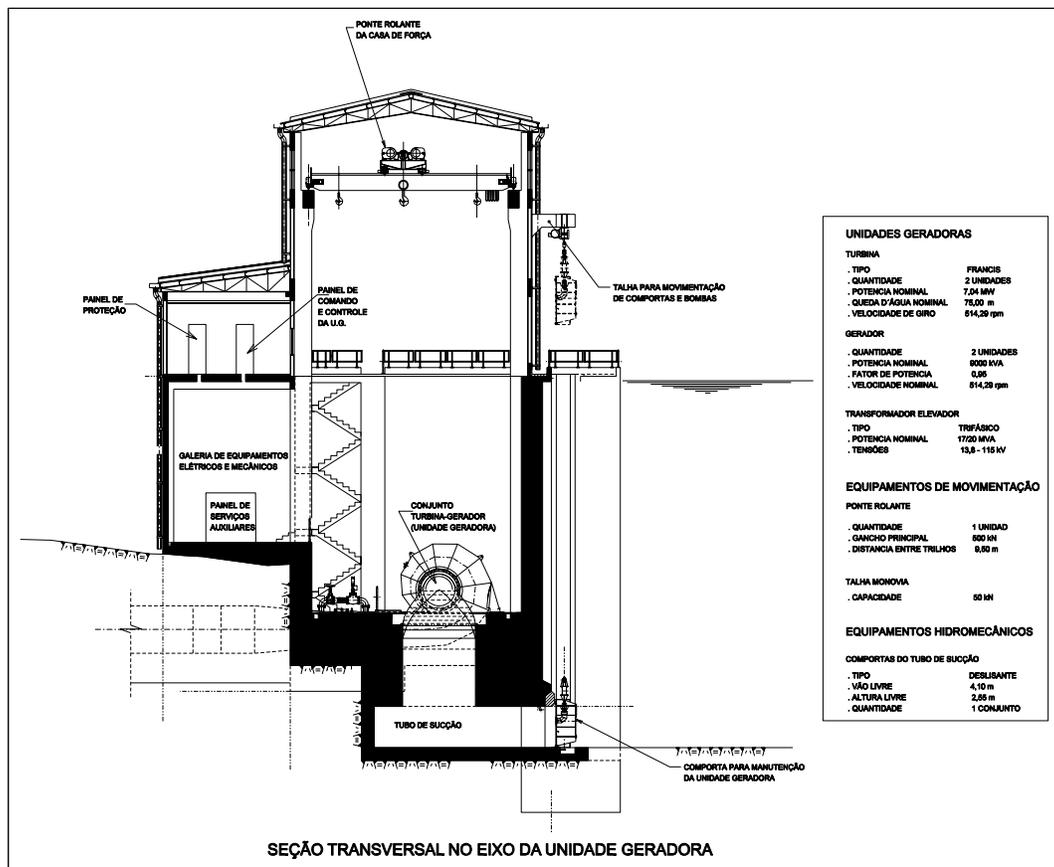


Figura 21 – Seção esquemática da Casa de Força de uma PCH

As variáveis presentes em um projeto de PCH que interferem nos custos das atividades e influenciam o custo global do empreendimento, são resumidas no Quadro 4.

Quadro 4 – Variáveis que influenciam o custo de implantação de uma PCH

ITEM	PARÂMETROS TÉCNICOS							
	QTDE U.G.s	POT.U.G. (MW)	TIPO DA TURBINA	COMPRIMENTO CONDUITO FORÇADO	GEOGRAFIA	CLIMA	SUBESTAÇÃO	TIPO DE CONEXÃO AO SISTEMA
1 Projetos								
1.1 Projeto Básico	CUSTOS CONSTANTES, INDEPENDENTE DA QUANTIDADE DE U. G.s							
1.2 Projeto Executivo								
Projeto executivo civil	X							
Projeto executivo eletromecânico	X							
1.3 Projeto as built	CUSTOS CONSTANTES, INDEPENDENTE DA QUANTIDADE DE U. G.s							
1.4 Gerenciamento do Projeto	CUSTOS CONSTANTES, INDEPENDENTE DA QUANTIDADE DE U. G.s							
2 Fornecimentos								
2.1 Serviços em campo								
Obras Cívis	X				X	X		
condições climáticas/geográficas favoráveis					F	F		
condições climáticas/geográficas normais					N	N		
condições climáticas/geográficas desfavoráveis					D	D		
Montagem eletromecânica	X							
Comissionamento e testes	X							
2.2 Equipamento elétricos								
Gerador	X	X						
< 10 MW		< 10 MW						
> 10 MW e < 30 MW		> 10 MW						
Transformador elevador	X	X						X
conexão por bloco unitário, potência < 10 MW		< 10 MW						Bloco
conexão por bloco unitário, potência > 10 MW		> 10 MW						Bloco
conexão por barra de geração, potência < 10 MW		< 10 MW						Barra
conexão por barra de geração, potência > 10 MW		> 10 MW						Barra
Equipamentos auxiliares elétricos	X							
Sistema de proteção e controle	X							
Instalações Elétricas	X							
Sistema de Transmissão	X						X	X
com subestação e conexão tipo bloco unitário							COM	Bloco
sem subestação e conexão tipo bloco unitário							SEM	Bloco
com subestação e conexão tipo barra de geração							COM	Barra
sem subestação e conexão tipo barra de geração							SEM	Barra
2.3 Equipamentos mecânicos								
Turbina	X	X	X					
Turbina tipo 1 - Francis < 10 MW		< 10 MW	Francis					
Turbina tipo 2 - Francis > 10 MW		> 10 MW	Francis					
Turbina tipo 3 - Kaplan < 10 MW		< 10 MW	Kaplan					
Turbina tipo 4 - Kaplan > 10 MW		> 10 MW	Kaplan					
Conduto forçado	X			X				
de comprimento < 100 m				< 100 m				
de comprimento > 100 m				> 100 m				
Equipamentos Hidromecânicos	X							
Equipamentos de Movimentação e Levantamento	CUSTOS CONSTANTES, INDEPENDENTE DA QUANTIDADE DE U. G.s							
Equipamentos auxiliares mecânicos	X							

3.2.2.2 Condições de execução pessimista, otimista e mais provável das atividades – Parâmetros Probabilísticos

Os custos estimados para realização das atividades presentes nos projetos de PCHs devem ser analisados, além das condições de variabilidade particulares de cada atividade, segundo o cenário de execução das mesmas.

Cada estimativa realizada é fundamentada em suposições, gerando uma incerteza no custo. Estas suposições ocorrem de três formas distintas nos projetos (CUKIERMAN, 2000)

- a. Condições Normais: quando as suposições previstas ocorrem dentro da normalidade na execução das atividades. Analogamente, os custos planejados ficam próximos aos custos reais do projeto;
- b. Condições Pessimistas: quando ocorrem fatores desfavoráveis na execução das atividades, e o custo real supera o custo planejado;
- c. Condições Otimistas: quando o cenário da execução do projeto é favorável, e os custos reais ficam abaixo dos custos planejados.

Alguns autores como Prado (1998), Hoare (1976), Slack *et al* (1999), Cukierman (2000), e o próprio PMBOK (2000), enfatizam o emprego dos três cenários (otimista, pessimista e mais provável), utilizando a técnica do PERT/CPM para previsão dos prazos inerentes aos projetos.

A sistemática para geração das alternativas de custo frente aos cenários de execução das atividades proposta nesta dissertação, de forma análoga a técnica PERT aplicada a prazos, emprega três estimativas baseadas nos três cenários possíveis, porém aplicada aos valores dos custos de execução das atividades componentes.

Assim, para o custo de cada atividade do projeto de PCHs, tem-se as suas variações conforme as características de cada PCH, e também conforme o cenário de execução das mesmas.

3.2.2.3 Formação dos prováveis custos das atividades considerando suas variantes

Os valores utilizados nesta etapa foram extraídos em sua maioria, do banco de dados da empresa sob análise, onde foram observadas as condições presentes na execução das atividades, os pontos favoráveis e desfavoráveis, para que se pudesse estimar as condições de variabilidade dependentes do cenário de execução. Estas informações foram complementadas com dados hipotéticos baseados nas entrevistas com os profissionais da empresa e de empresas fornecedoras de equipamentos, formando a base de dados para o desenvolvimento da sistemática.

A distribuição dos custos de cada atividade segue a função Beta, podendo-se medir também o desvio padrão, calculado conforme Cukierman (2000) como sendo:

$$s = \frac{(b-a)}{6} \quad (1)$$

Onde:

- s = desvio padrão
- a = valor referente à estimativa otimista
- b = valor referente à estimativa pessimista

Os resultados destas estimativas são mostrados no Quadro 5, e referem-se aos custos de implantação de uma unidade geradora. Os valores de custo dependentes do número de unidades geradoras devem ser multiplicados pela sua quantidade. Ressalta-se que os valores de desvio padrão menores implicam em maior precisão, conseqüência da disponibilidade de mais dados para análise.

Quadro 5 – Variação dos custos decorrentes das condições de execução, em R\$x1000

ITEM	PARÂMETROS PROBABILÍSTICOS			
	Pessimista	Mais provável	Otimista	Desvio Padrão
1 Projetos				
1.1 Projeto Básico	865	854	845	3,3
1.2 Projeto Executivo				
Projeto executivo civil	750	725	695	9,2
Projeto executivo eletromecânico	855	820	790	10,8
1.3 Projeto as built	410	402	390	3,3
1.4 Gerenciamento do Projeto	710	700	690	3,3
2 Fornecimentos				
2.1 Serviços em campo				
Obras Civis				
condições climáticas/geográficas favoráveis	6.600	6.470	6.350	41,7
condições climáticas/geográficas normais	7.700	7.330	6.950	125,0
condições climáticas/geográficas desfavoráveis	8.300	8.140	8.000	50,0
Montagem eletromecânica	900	765	650	41,7
Comissionamento e testes	160	150	130	5,0
2.2 Equipamento elétricos				
Gerador				
< 10 MW	2.300	2.075	1.900	66,7
> 10 MW e < 30 MW	2.900	2.770	2.650	41,7
Transformador elevador				
conexão por bloco unitário, potência < 10 MW	500	445	400	16,7
conexão por bloco unitário, potência > 10 MW	700	620	520	30,0
conexão por barra de geração, potência < 10 MW	500	445	400	16,7
conexão por barra de geração, potência > 10 MW	700	620	520	30,0
Equipamentos auxiliares elétricos	550	445	350	33,3
Sistema de proteção e controle	680	600	530	25,0
Instalações Elétricas	120	100	90	5,0
Sistema de Transmissão				
com subestação e conexão tipo bloco unitário	330	300	260	11,7
sem subestação e conexão tipo bloco unitário	230	200	180	8,3
com subestação e conexão tipo barra de geração	330	300	260	11,7
sem subestação e conexão tipo barra de geração	230	200	180	8,3
2.3 Equipamentos mecânicos				
Turbina				
Turbina tipo 1 - Francis < 10 MW	3.050	2.875	2.700	58,3
Turbina tipo 2 - Francis > 10 MW	3.500	3.250	2.900	100,0
Turbina tipo 3 - Kaplan < 10 MW	3.200	3.050	2.900	50,0
Turbina tipo 4 - Kaplan > 10 MW	3.600	3.500	3.400	33,3
Conduto forçado				
de comprimento < 100 m	550	500	470	13,3
de comprimento > 100 m	760	700	640	20,0
Equipamentos Hidromecânicos	260	210	165	15,8
Equipamentos de Movimentação e Levantamento	215	205	190	4,2
Equipamentos auxiliares mecânicos	350	304	280	11,7

CAPÍTULO 4

4 SIMULAÇÃO DE APLICAÇÃO DA SISTEMÁTICA PROPOSTA EM UMA PCH

Até este ponto do desenvolvimento da sistemática, preocupou-se somente com a conceituação e descrição das atividades componentes da construção de PCHs, descrevendo os parâmetros que influenciam a formação do custo global do empreendimento.

4.1 Etapa 2 – Desenvolvimento – Período de Aplicação

Nesta etapa a sistemática será implementada, com o objetivo de chegar-se a uma condição econômica que será analisada. A partir desta análise, serão feitas considerações sobre as decisões que devem ser tomadas com base nesta condição econômica resultante.

4.1.1 Fase 4 – Condições de Variabilidade da PCH a ser Licitada

A utilização da sistemática de custeio desenvolvida para construção de PCHs é dependente do conhecimento das características técnicas que irão qualificar cada empreendimento conforme as variáveis observadas no capítulo anterior.

Para obtenção das características de qualificação da PCH, antes se faz necessário conhecer o processo de concepção do empreendimento, fundamentado na legislação hoje em vigor. O processo de construção é regulamentado pela ANEEL conforme Resolução 393. O fluxograma completo para construção de PCHs conforme

esta Resolução é mostrado no Anexo A. O processo resumido, uma simplificação do fluxograma ANEEL do Anexo A, é o apresentado na Figura 22 e suas etapas são descritas a seguir:

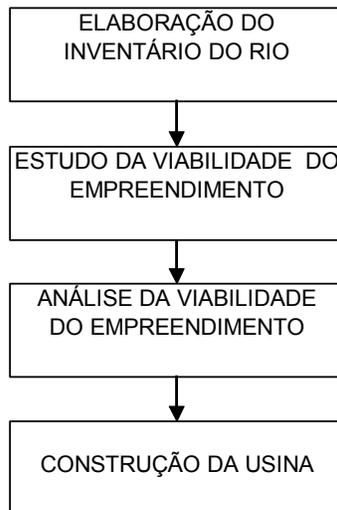


Figura 22 – Fluxograma para construção de PCHs

- a. Elaboração do Inventário do Rio: estudo realizado por empresas atuantes na geração de energia, concessionárias ou grandes investidores privados (BREDARIOLI, 2002), cujo objetivo é elencar os prováveis potenciais hidrelétricos a serem explorados futuramente dentro das bacias hidrográficas. Este estudo de inventário é solicitado pela empresa que o fará junto à ANEEL, que autorizará ou não o seu início. Nesta etapa inicial são conhecidas as informações sobre o local onde será implantada a usina. A organização que receber o registro para elaborar o estudo entrega ao órgão regulador do setor o relatório dos inventários. Em muitos casos, o estudo de inventário já se encontra de posse da ANEEL. Nestas situações, para construir e operar uma PCH é necessário obter junto a ANEEL uma autorização, sem custo para o empreendedor. Segundo o CndPCH (2004) os prazos máximos para obtenção

da autorização da ANEEL são de 135 dias corridos caso não haja disputa pelo aproveitamento, ou 165 dias no caso de haver disputa.

- b. Estudos de Viabilidade do Empreendimento: após a elaboração do inventário do rio, a empresa que o solicitou deve realizar um estudo de viabilidade, que irá diagnosticar se o futuro empreendimento será interessante para seus investidores. O estudo de viabilidade deve ser autorizado pela ANEEL, e é acompanhado de um projeto dito pré-básico, onde são definidas as estruturas de desvio e contenção do rio necessárias, número de unidades geradoras, definição das potências dos equipamentos principais e o ponto de conexão da usina com o sistema elétrico. Esta documentação deve ser entregue a ANEEL para obtenção do registro.
- c. Análise da Viabilidade do Empreendimento: de posse da documentação entregue, a ANEEL analisa o projeto e a viabilidade do empreendimento, encaminhando os resultados ao Ministério das Minas e Energia - MME, que inclui o empreendimento no seu planejamento de expansão do sistema elétrico. Nesta fase são definidas as parcerias para execução da PCH e existe ainda uma otimização do projeto básico, que é implantada com o objetivo de customizar o projeto às empresas participantes de sua construção.
- d. Construção da Usina: os empreendedores e as empresas de engenharia, de posse das licenças ambientais, formarão o consórcio construtor, geralmente constituído por uma empreiteira civil, uma fornecedora de equipamentos e uma projetista. Este consórcio é liderado pelos empreendedores, que receberão a usina construída e operando. Define-se nesta etapa os fornecedores de equipamentos e as interfaces entre as empresas que formam o consórcio.

A definição das características que afetam os custos de implantação da usina ocorre na etapa de estudo de viabilidade e na elaboração do projeto pré-básico, entregues para aprovação da ANEEL.

Quando os consórcios são formados, já existe a possibilidade de verificar se o empreendimento será rentável ou não. O enfoque desta dissertação é analisar a viabilidade de participação no empreendimento por parte das empresas formadoras do

consórcio, em especial da empresa projetista. Assim, pode-se concluir sobre os custos das atividades, e define-se um preço limite para a entrada ou não no negócio.

Especificamente para construção de PCHs, o ponto considerado como chave são as obras civis, que representam a maior parte do custo do empreendimento, conforme os dados históricos pesquisados. Desta forma, se o empreendimento não apresenta dificuldades para a realização desta atividade, pode-se considerar como possível a participação na construção da usina.

4.1.2 Fase 5 – Método Aleatório de Custeio das Atividades

Nesta seção são consideradas as variações no cenário de execução das atividades componentes da construção de PCHs. A ferramenta utilizada fundamenta-se na sistemática de sorteio dos simuladores tipo Monte Carlo. Alguns trabalhos semelhantes, como o de Araujo (1999), utilizam a sistemática de sorteio probabilístico, adaptada para estimativas sobre os prazos, porém o enfoque deste trabalho de conclusão são os custos envolvidos na realização do trabalho.

Para aplicação do modelo não se teve acesso a *softwares* estatísticos de sorteio probabilístico, como *Crystal Ball* ou Monte Carlo, então optou-se pelo desenvolvimento de uma planilha de cálculo que realizasse a escolha aleatória entre os valores pessimista, otimista e mais provável de custo de cada atividade.

A partir da definição dos possíveis custos das atividades componentes, a ferramenta seleciona aleatoriamente um tipo de cenário de execução (otimista, pessimista ou mais provável) e seu custo associado. Cria-se então um cenário global aleatório para a construção da PCH, e um valor de custo do empreendimento relacionado.

Esta seleção entre os três valores para o custo é feita conforme a probabilidade de ocorrência para os três eventos, definida como sendo (CUKIERMAN, 2000):

- P_a = probabilidade de ocorrência do cenário otimista = $1/6$;
- P_b = probabilidade de ocorrência do cenário pessimista = $1/6$;
- P_m = probabilidade de ocorrência do cenário mais provável = $4/6$.

Paralelamente, deve ser definido um número prévio de simulações que será realizado, que representará o nível de confiança do resultado.

Atingindo este número de simulações a ferramenta apresenta como relatório final uma curva de distribuição de probabilidade para o custo global do empreendimento.

O fluxograma deste processo é mostrado na Figura 23.

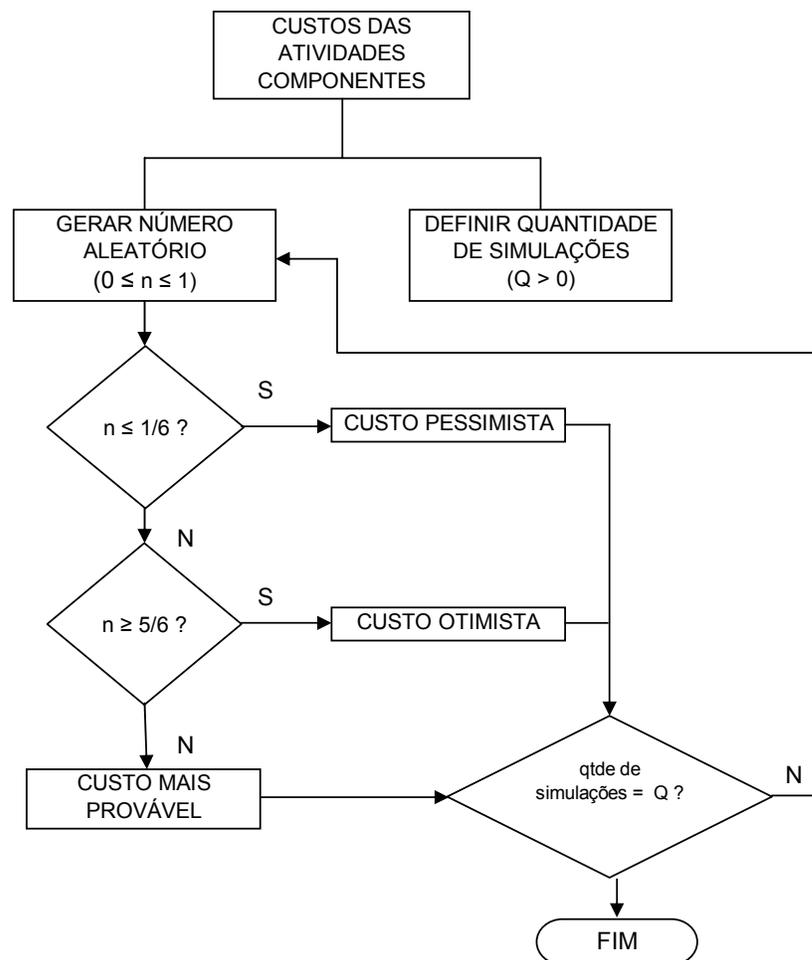


Figura 23 – Fluxograma para custeio aleatório das atividades componentes

4.1.3 Fase 6 – Composição do Custo Global do Empreendimento

A partir da ferramenta desenvolvida para composição dos custos das atividades e do custo global de construção de uma PCH, será demonstrada sua utilização através de dados de uma PCH fictícia. Serão definidas algumas características deste empreendimento que influenciam os custos das suas atividades componentes, e assim será gerada uma composição para o custo de sua construção.

Suponha-se que o empreendimento que será executado, uma PCH fictícia na fase inicial de construção, já com o inventário e a viabilidade aprovados pela ANEEL, tenha as seguintes características:

- Número de unidades geradoras: 3;
- Potência de cada unidade geradora: 6 MVA;
- Tipo das Turbinas: Francis;
- Tipo de conexão com o sistema: a usina será interligada ao sistema elétrico através de esquema de paralelismo, com as unidades geradoras ligadas a uma barra no nível de tensão da geração, com um único transformador de 18 MVA interligando a usina ao sistema, a partir de uma Subestação na própria usina;
- Condições climáticas e geográficas: normais;
- Comprimento do Conduto Forçado: 50 metros;

Conhecendo-se estas características, pode-se definir as atividades componentes da construção desta PCH, descartando-se as variantes não utilizadas de custeio. Desta forma, têm-se a relação de atividades componentes para a execução do empreendimento mostrada no Quadro 6, com os respectivos custos relativos aos parâmetros técnicos e probabilísticos. As atividades dependentes do número de Ugs tiveram seus custos multiplicados por esta quantidade.

Quadro 6 – Parâmetros Técnicos e Probabilísticos da PCH

ITEM	PARÂMETROS TÉCNICOS							PARÂMETROS PROBABILÍSTICOS				
	QTDE U.G.s	POT/U.G. (MW)	TIPO DA TURBINA	COMPRIMENTO CONDUITO FORÇADO	GEOGRAFIA	CLIMA	SUBESTAÇÃO	TIPO DE CONEXÃO AO SISTEMA	Pessimista	Mais provável	Otimista	Desvio Padrão
1 Projetos												
1.1 Projeto Básico	CUSTOS CONSTANTES, INDEPENDENTE DA QUANTIDADE DE U. G.s							865	854	845	3,3	
1.2 Projeto Executivo												
Projeto executivo civil	3								2.250	2.175	2.085	27,5
Projeto executivo eletromecânico	3								2.565	2.460	2.370	32,5
1.3 Projeto as built	CUSTOS CONSTANTES, INDEPENDENTE DA QUANTIDADE DE U. G.s							410	402	390	3,3	
1.4 Gerenciamento do Projeto	CUSTOS CONSTANTES, INDEPENDENTE DA QUANTIDADE DE U. G.s							710	700	690	3,3	
2 Fornecimentos												
2.1 Serviços em campo												
Obras Civas	3											
condições climáticas/geográficas favoráveis									0	0	0	0,0
condições climáticas/geográficas normais					X	X			23.100	21.990	20.850	375,0
condições climáticas/geográficas desfavoráveis									0	0	0	0,0
Montagem eletromecânica	3								2.700	2.295	1.950	125,0
Comissionamento e testes	3								480	450	390	15,0
2.2 Equipamento elétricos												
Gerador	3											
< 10 MW		X							6.900	6.225	5.700	200,0
> 10 MW e < 30 MW									0	0	0	0,0
Transformador elevador	3											
conexão por bloco unitário, potência < 10 MW									0	0	0	0,0
conexão por bloco unitário, potência > 10 MW									0	0	0	0,0
conexão por barra de geração, potência < 10 MW									0	0	0	0,0
conexão por barra de geração, potência > 10 MW		X					X		2.100	1.860	1.560	90,0
Equipamentos auxiliares elétricos	3								1.650	1.335	1.050	100,0
Sistema de proteção e controle	3								2.040	1.800	1.590	75,0
Instalações Elétricas	3								360	300	270	15,0
Sistema de Transmissão	3											
com subestação e conexão tipo bloco unitário									0	0	0	0,0
sem subestação e conexão tipo bloco unitário							X	X	690	600	540	25,0
com subestação e conexão tipo barra de geração									0	0	0	0,0
sem subestação e conexão tipo barra de geração									0	0	0	0,0
2.3 Equipamentos mecânicos												
Turbina	3											
Turbina tipo 1 - Francis < 10 MW		X	X						9.150	8.625	8.100	175,0
Turbina tipo 2 - Francis > 10 MW									0	0	0	0,0
Turbina tipo 3 - Kaplan < 10 MW									0	0	0	0,0
Turbina tipo 4 - Kaplan > 10 MW									0	0	0	0,0
Conduto forçado	3											
de comprimento < 100 m				X					1.650	1.500	1.410	40,0
de comprimento > 100 m									0	0	0	0,0
Equipamentos Hidromecânicos	3								780	630	495	47,5
Equipamentos de Movimentação e Levantamento	CUSTOS CONSTANTES, INDEPENDENTE DA QUANTIDADE DE U. G.s							215	205	190	4,2	
Equipamentos auxiliares mecânicos	3								1.050	913	840	35,0

A etapa seguinte é a definição do parâmetro probabilístico que será utilizado no custeio de cada atividade componente. Não há como prever em que condições serão executadas estas atividades, nem se pode assumir que o cenário de execução será o mesmo para todas as atividades componentes, pois existem atividades independentes e outras que ocorrem em tempos diferentes. Para a geração dos cenários serão utilizados números aleatórios entre 0 e 1 para cada atividade. Conforme o fluxograma da Figura 28 este número aleatório gerado for menor que 1/6, o valor do custo de execução da atividade será o pessimista. Se o número aleatório for maior que 5/6, o valor do custo será o otimista. Se nenhuma das condições for satisfeita, o valor do

custo de execução da atividade será o mais provável. Estas simulações são feitas para todas as atividades, e na quantidade pré-definida de 20 simulações de cenário para cada atividade, chega-se a vinte valores diferentes para o custo global do empreendimento.

Conforme o Teorema do Limite Central, exposto por Ribeiro (2002), a soma de variáveis independentes seguirá o modelo de uma distribuição Normal, independentemente da distribuição das variáveis individuais. Como as distribuições individuais seguem o modelo da distribuição triangular, pois são obtidos a partir da função Beta, cuja aplicação junto à técnica PERT/CPM é descrita por autores como Hoare (1976), Cukierman (2000), Haga e Marold (2004) entre outros.

Assume-se então que a distribuição dos valores de custo global, que é a soma dos custos individuais de cada atividade, segue as propriedades de uma distribuição normal, caracterizada pela sua média e pelo seu desvio-padrão. Os resultados das simulações, e os valores da média e do desvio-padrão são mostrados na tabela final, constante no Apêndice A desta dissertação.

Conforme as propriedades da distribuição normal de probabilidade, pode-se afirmar que, no intervalo com centro na média e limites compreendidos entre os valores referentes a 6 (seis) vezes o valor do desvio-padrão, que neste caso é 226,01. Assim, a probabilidade do valor real do custo do empreendimento situar-se no intervalo definido é de 99,73%.

Pode-se trabalhar com um custo-alvo de, por exemplo, R\$ 20 milhões. Com este valor definido, calcula-se a probabilidade do custo do empreendimento ser menor do que o custo-alvo.

$$P\left\{Z \leq \frac{20000 - 19875,2}{226,01}\right\} = P\{Z \leq 0,5522\}$$

$$F(0,5522) = 0,7088$$

Portanto a probabilidade do empreendimento custar até R\$ 20 milhões é de 70,9% ou ainda pode-se afirmar que o risco do custo do empreendimento ficar em um valor além do custo-alvo é de 29,1%.

A informação sobre o risco dos custos ficarem além do custo-alvo é de reconhecida importância para a empresa, que poderá decidir sobre quais taxas de risco irá considerar quando se propuser a participar de novos empreendimentos.

Cabe ressaltar que a ferramenta deve ser utilizada durante toda a execução da PCH, e os valores de custo das atividades componentes, quando definidos, devem ser incluídos na base de dados das simulações. Quando ocorrer, por exemplo, a definição sobre o fornecimento e a conclusão da montagem do Conduto Forçado, o custo de execução do mesmo deverá substituir os valores aleatórios utilizados na simulação, obtendo com isso uma maior precisão nos resultados, que implicará em uma curva com menor variabilidade.

Da mesma forma, a utilização dos dados dos custos deve reforçar o banco de dados, aprimorando os valores de custo para as atividades componentes.

Com o objetivo ainda de melhorar a precisão dos resultados, pode-se prever um maior número de simulações para o custeio do empreendimento, porém a partir de um certo número de simulações, a variação da precisão dos resultados não é justificada. No caso deste trabalho, optou-se por um número que pode ser considerado satisfatório, pois a coleta destes dados é tarefa complicada, que demanda conhecimentos específicos e experiência na área de custeio. Como consequência desta necessidade tem-se a importância do armazenamento dos dados quando estes são coletados e disponibilizados.

4.2 Etapa 3 – Pós-Desenvolvimento

A etapa de Pós-Desenvolvimento consiste em avaliar a sistemática proposta após sua aplicação, através de indicadores de desempenho, e concluir sobre prováveis ajustes que se façam necessários na metodologia. Neste trabalho de conclusão esta etapa não será abordada devido à aplicação ser simulada, e também não haver dados e referências suficientes para estabelecer os indicadores.

4.3 Considerações sobre a sistemática proposta

A sistemática de custeio desenvolvida fornece subsídios para realizar (i) a gestão dos custos e das atividades componentes do empreendimento, (ii) a composição do custo global do empreendimento, e ainda (iii) analisar os resultados da

aplicação segundo os riscos associados ao negócio como um todo e também segundo os riscos de execução das atividades componentes. Esta análise individual dos riscos é possível a partir dos prováveis cenários de execução da atividade.

Com o conhecimento das condições de execução da atividade, pode-se concluir sobre as probabilidades do cenário de execução de determinada atividade ocorrer de forma normal, ou sob condições favoráveis ou desfavoráveis. Assim, a determinação do custo da atividade fica mais apurada.

Outra forma de se obter valores para os custos de execução das atividades mais apurados é a definição do fornecedor de determinado equipamento ou serviço ocorrer antecipadamente. Desta forma, a atividade que obteve esta definição fica condicionada apenas aos parâmetros probabilísticos.

A aplicação da técnica PERT/CPM, utilizando a função Beta para estimativa dos custos das atividades é um assunto relativamente novo, com poucos trabalhos publicados. Na elaboração desta dissertação, teve-se acesso aos trabalhos de Haga e Marold (2004) e Araujo (1999), que utilizam similarmente as simulações de Monte Carlo em conjunto com a técnica PERT/CPM. A aplicação desta sistemática em projetos de Usinas Hidrelétricas, em especial as PCHs, não foi encontrada na literatura pesquisada.

CAPÍTULO 5

5 CONCLUSÃO

Este capítulo apresenta as principais conclusões acerca da dissertação, bem como algumas recomendações para trabalhos futuros.

5.1 Conclusões

O aquecimento do setor de projetos de usinas hidrelétricas, fruto do aumento no consumo e da falta de planejamento nos últimos anos, fez com que o montante de investimentos nestes projetos, em especial nos projetos de PCHs, aumentasse consideravelmente. As ações do governo brasileiro em 2003 e 2004, criando programas de incentivo para investimentos em usinas de pequeno porte, reforçam a teoria de crescimento e expansão do setor. O gerenciamento de projetos de PCHs não é muito tratado na literatura, e o tema desta dissertação foi a gestão de projetos de PCHs, sendo proposta uma sistemática para avaliação dos custos de construção destas usinas, apoiando o processo de tomada de decisões gerenciais.

A sistemática desenvolvida foi baseada na revisão bibliográfica da literatura referente ao setor de geração de energia elétrica mundial e brasileiro, assim como na revisão bibliográfica de projetos e da gestão de projetos. Foi verificada a escassez de trabalhos específicos sobre gestão de projetos de PCHs, sendo definido como objetivo secundário desta dissertação o levantamento de informações que possam ser úteis na realização de novos trabalhos sobre o assunto. A contribuição teórica principal deste

trabalho de conclusão é mostrada no quadro 2, onde foram elencadas as fases presentes no desenvolvimento de um projeto e execução de uma PCH.

Evidenciou-se a necessidade de desenvolver uma sistemática de controle e gerenciamento dos custos de construção de PCHs, apoiando o processo de decisão nestes empreendimentos, ainda na sua fase inicial. Esta sistemática foi elaborada com base no modelo proposto por Echeveste (2003), a definição dos custos das atividades foi realizada segundo a técnica PERT/CPM aplicada a custos, e também segundo simulações dos cenários de execução das atividades através da aplicação de ferramenta de sorteio aleatório, similar ao método de Monte Carlo.

Para validação da sistemática, foram utilizadas características técnicas de uma PCH fictícia, definidas a partir de um banco de dados históricos de uma empresa de engenharia consultiva, cujo principal produto são projetos de usinas hidrelétricas. A partir das características técnicas elencadas, e do sorteio aleatório para o custo de execução das atividades, chegou-se a uma distribuição de probabilidade para o custo do empreendimento.

Como vantagens da aplicação da sistemática, cita-se:

- a. Possibilita um conhecimento sobre todas as atividades componentes da construção de PCHs, e dos seus custos associados;
- b. Fornece subsídios para realizar a gestão dos custos das atividades componentes e do custo global do empreendimento;
- c. Possibilita analisar os resultados da aplicação segundo os riscos associados ao negócio como um todo e também segundo os riscos de execução das atividades componentes;
- d. Facilita a avaliação do custo do empreendimento na fase de concepção do negócio, fornecendo informações importantes que servem de base para tomada de decisões.

Quanto ao objetivo geral de propor uma sistemática para avaliar os custos de construção de PCHs, conclui-se que o mesmo foi alcançado, assim como os objetivos secundários.

5.2 Recomendações para Trabalhos Futuros

Para elaboração de novos trabalhos acadêmicos relacionados ao gerenciamento de projetos de PCHs, tem-se a recomendar:

- a. Aplicação da sistemática em um caso real de construção de PCH;
- b. Incluir a etapa de pós-desenvolvimento, colhendo dados para elaboração dos indicadores de desempenho;
- c. Desenvolvimento de um banco de dados que contenha as informações necessárias para elaboração da sistemática;
- d. Verificação da existência de correlação entre as atividades componentes;
- e. Estender a aplicação da sistemática para usinas de médio e grande porte;
- f. Aplicar o método em outros segmentos industriais.

REFERÊNCIAS

- ABREU, J.P.G. O Pior jugo é o científico-tecnológico. **EFEI Energy News**. Itajubá, v. 12, dez/2003. Disponível em <www.efei.br/een>. Acesso em 01 dez 2001.
- ALCAIDE, J. Futuro da geração distribuída e co-geração de energia no Brasil. **Eletricidade Moderna**, São Paulo, n. 351, ago/2003.
- ANBARI, F. T. Earned Value Project Management: Method and Extensions. **Project Management Journal**, v. 34, p. 12-23, dez/2003.
- ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. **Boletim Energia**, n. 144. Disponível em <www.aneel.br>. Acesso em 18 out 2004.
- ARAUJO, R. G., SCHMITZ, E. A., COUTO, R.R. Sim project: uma ferramenta para análise de risco do tempo da realização de projetos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE SOFTWARE, 13, 1999, Florianópolis. **Anais...[s.l.]**: SBES, 1999, p. 4.
- BICHELS, A. Sistemas elétricos de potência: métodos de análise e solução. CEFET-PR. **Apostila**. Curitiba, 1998. Notas de aula.
- BOENTE, A. N. P. **Gerenciamento e controle de projetos**. Rio de Janeiro: Axcel books, 2003.
- BORTONI, E. C. Empresas terão que arcar com obras. **EFEI Energy News**, Itajubá, v. 6, jul 2004. Disponível em <www.efei.br/een>. Acesso em 06 jul 2004.
- BORTONI, E. C. Brasil é mercado mundial de energia que mais cresce. **EFEI Energy News**, Itajubá, v. 7, jul/2002. Disponível em <www.efei.br/een>. Acesso em 10 jul 2002.
- BREDARIOLI, C. Tenha sua própria hidrelétrica. **Isto É Dinheiro**, n. 277, p. 106, dez/2002.
- CASAROTTO, N.; FÁVERO, J.S.;CASTRO, J.E.E. **Gerência de projetos/ engenharia simultânea**. São Paulo: Atlas, 1999.
- CHAPMAN, C.; WARD, S. **Project risk management**. England: John Wiley & Sons, 2003.

CICMIL, S. K. Critical factors of effective project management. **The TQM Magazine**, v. 9, p 390-396, jul/1997.

CndPCH - Centro Nacional de Desenvolvimento de Pequenas Centrais Hidrelétricas. Tramitação de projetos. Disponível em: <www.cndpch.com.br/zpublisher/secoes/aneel.asp>. Acesso em 02 dez 2004.

CndPCH - Centro Nacional de Desenvolvimento de Pequenas Centrais Hidrelétricas. Implementação passo-a-passo. Disponível em: <www.cndpch.com.br/zpublisher/paginas/implementacao_passoapasso.asp>. Acesso em 02 dez 2004.

CUKIERMAN, Z. C. **O Modelo PERT/CPM aplicado a projetos**. Rio de Janeiro: Reichmann & Affonso, 2000.

CUNHA, G. **Desenvolvimento de produto**. Curso de Mestrado em Engenharia de Produção, UFRGS, Curitiba, 2002.

DEMING, J.E. **Qualidade, a revolução da administração**. Rio de Janeiro: Marques Saraiva, 1990.

DINIZ, L. J. **Gerência de projetos**. Curso de MBA executivo. Fundação Getúlio Vargas, 2002. Apostila.

ECHEVESTE, M. E. **Uma Abordagem para a estruturação e controle do processo de desenvolvimento de Produtos**. 2003. 225 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

FILOMENA, T. **Modelo para medição e controle de custos no desenvolvimento de produtos**. 2004. 147 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

GUIMARÃES, L. M. A Sociedade da informação: o impacto da globalização na democracia das nações. **Banas Qualidade** Disponível em <www.banasqualidade.com.br>. Acesso em 18 ago 2003.

HAGA, W. A.; MAROLD, K.A. A Simulation approach to the PERT/CPM time-cost trade-off problem. **Project Management Journal**, v. 35, p. 31-37, jun/2004.

HOARE, H.R. **Administração de projetos aplicando análise de redes**. São Paulo: McGraw-Hill, 1976.

JOHNSON, H. T.; KAPLAN, R. S. **Contabilidade gerencial, a restauração da relevância da contabilidade nas empresas**. Rio De Janeiro: Campus, 1993.

KERZNER, H. **A Systems approach to planning, scheduling, and controlling**. Nova York: John Wiley & Sons, 2001.

KINSELLA, S.M, Activity-based costing: does it warrant inclusion in a guide to the project management body of knowledge (PMBOK Guide)? **Project Management Journal**, v.33, p. 49-56, jun/2002.

MAXIMIANO, A. C. A. **Administração de projetos**. São Paulo: Atlas, 2002.

MENDES, G. Energia alternativa fica mais barata: Pequenas Centrais Hidrelétricas ganham competitividade no mercado livre, e negócios podem dobrar em um ano. **Lumière**, v. 77, p.58, set/2004.

MENEZES, L. C. M. **Gestão de projetos**. São Paulo: Atlas, 2003.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de produção**: além da produção em larga escala. Porto Alegre, Bookman, 1997.

ONS - Operador Nacional do Sistema. Planejamento anual da operação energética: ano 2004. Sumário Energético, 2004. Disponível em <www.ons.org.br>. Acesso em 10 set 2004.

OSIRO, L.; NAZARENO, R.R.; TACHIBANA, W.K. Utilização dos custos fixos para apoio a tomada de decisão. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 22, 2002, Curitiba. **Anais...Paraná**. ABEPRO, 2002.

PATAH, L.A.; CARVALHO, M.M. Estruturas de gerenciamento de projetos e competências em equipes de projetos. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 22, 2002, Curitiba. **Anais...Paraná**. ABEPRO, 2002.

PEREIRA, E.O. *et al* Engenharia simultânea: um estudo de caso em uma empresa têxtil. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 22, 2002, Curitiba. **Anais...Paraná**. ABEPRO, 2002.

PETER, M.G.A.; ARAÚJO, M.G.A.; ABREU, C. B. Target costing: a utilização do método do custeio alvo na precificação de produtos novos In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 21, 2001, Salvador. **Anais...Bahia**. ABEPRO, 2001.

PMBOK – A Guide to Project Management Body of Knowledge. **Project Management Institute**, Disponível em <www.pmi-mg.com.br>. Acesso em 01 dez 2000.

PRADO, D. **PERT/CPM**. Belo Horizonte: Desenvolvimento Gerencial, 1998.

PRADO, D. **Gerenciamento de projetos nas organizações**. Belo Horizonte: Desenvolvimento Gerencial, 2003.

PRIKLADNICKI, C. **Gerenciamento de projetos aplicado em pequenas e médias indústrias de bens de capital sob encomenda**. 2003, 151 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

RABECHINI, R.; CARVALHO, M.M. O Ambiente de inovação e a gerência de projetos. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 19, 1999, Rio de Janeiro. **Anais...Rio de Janeiro**. ABEPRO, 1999.

RIBEIRO, J. L. **Estatística industrial**. Curso de Mestrado em Engenharia de Produção, UFRGS, Curitiba, 2002.

ROCHA, L., **Tecnologia da Informação**. Curso de Mestrado em Engenharia de Produção, UFRGS, Curitiba, 2002

RUGGIERO, A.P. Qualidade da comunicação interna. Disponível em <www.rh.com.br/ler.php?cod=3388&org=2>. Acesso em 25 nov 2002.

SAUER, I. L. *et al* **A Reconstrução do setor elétrico brasileiro**. Campo Grande: UFMS, 2003.

SCHNEIDER, H.M. A Eng^a simultânea e sua importância competitiva. **TecHoje**. Disponível em <www.ietec.com.br/ietec/techoje/administracao>. Acesso em 28 mai 2004.

SCHREIBER, G. P. **Usinas Hidrelétricas**. São Paulo: Edgard Blücher, 1977.

SLACK, N. *et al* **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 1999.

VERDI, L.A.R.; TOLEDO, N.N. Metodologia de gerenciamento da qualidade em projetos de engenharia. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 22, 2002, Curitiba. **Anais...Paraná**. ABEPRO, 2002.

VIEIRA, E. N. O. Gerenciando projetos na era de grandes mudanças. Disponível em <www.pmi-sp.com.br>. Acesso em jan/04.

WIDEMAN, R. M. **Project and program risk management: a guide to managing project risks and opportunities**. Project Management Institute: R. Max Wideman, 1992.

APÊNDICE A – RESULTADOS DA APLICAÇÃO DA SISTEMÁTICA PARA A PCH FICTÍCIA

ITEM	PARÂMETROS TÉCNICOS							PARÂMETROS PROBABILÍSTICOS				simul. 1	simul. 2	simul. 3	simul. 4	simul. 5	simul. 6	simul. 7	simul. 8	simul. 9	simul. 10	simul. 11	simul. 12	simul. 13	simul. 14	simul. 15	simul. 16	simul. 17	simul. 18	simul. 19	simul. 20	
	QTDE U.G.s	POTAJG (MW)	TIPO DA TURBINA	COMP. CONDUITO FORÇADO	GEOGRAFIA	CLIMA	SE	CONEXÃO AO SISTEMA	Pessimista	Mais provável	Otimista																					Desvio Padrão
1 Projetos																																
1.1 Projeto Básico	CUSTOS CONSTANTES, INDEPENDENTE DA QUANTIDADE DE U. G. s							865	854	845	3,3	845,0	854,4	854,4	854,4	854,4	854,4	865,0	854,4	854,4	854,4	865,0	845,0	854,4	854,4	845,0	865,0	854,4	854,4	854,4	854,4	
1.2 Projeto Executivo																																
Projeto executivo civil	3							750	725	695	9,2	725,0	750,0	725,0	750,0	725,0	725,0	725,0	725,0	725,0	725,0	750,0	725,0	695,0	750,0	725,0	725,0	725,0	750,0	725,0	725,0	
Projeto executivo eletromecânico	3							855	820	790	10,8	820,0	820,0	820,0	820,0	820,0	790,0	790,0	820,0	820,0	820,0	855,0	855,0	820,0	790,0	820,0	790,0	855,0	855,0	855,0	820,0	
1.3 Projeto as built	CUSTOS CONSTANTES, INDEPENDENTE DA QUANTIDADE DE U. G. s							410	402	390	3,3	402,2	390,0	402,2	402,2	390,0	402,2	402,2	402,2	402,2	402,2	390,0	390,0	402,2	402,2	402,2	390,0	402,2	390,0	402,2	390,0	
1.4 Gerenciamento do Projeto	CUSTOS CONSTANTES, INDEPENDENTE DA QUANTIDADE DE U. G. s							710	700	690	3,3	700,0	700,0	700,0	700,0	700,0	700,0	700,0	700,0	700,0	690,0	700,0	700,0	700,0	700,0	710,0	700,0	710,0	700,0	700,0	700,0	
2 Fornecimentos																																
2.1 Serviços em campo																																
Obras Civis	3																															
condições climáticas/geográficas normais					X	X		7.700	7.330	6.950	125,0	7700,0	7330,0	7330,0	7330,0	7330,0	7330,0	7330,0	7330,0	7330,0	7330,0	7330,0	6950,0	7330,0	7330,0	7330,0	7330,0	7330,0	7330,0	7330,0	7330,0	
Montagem eletromecânica	3							900	765	650	41,7	765,0	765,0	765,0	765,0	765,0	650,0	765,0	765,0	765,0	650,0	900,0	765,0	765,0	765,0	765,0	650,0	650,0	765,0	765,0	765,0	
Comissionamento e testes	3							160	150	130	5,0	150,0	150,0	150,0	150,0	150,0	150,0	160,0	150,0	150,0	150,0	150,0	150,0	150,0	150,0	160,0	150,0	150,0	150,0	130,0		
2.2 Equipamento elétricos																																
Gerador	3																															
< 10 MW		X						2.300	2.075	1.900	66,7	2075,0	2300,0	2300,0	2075,0	2075,0	2075,0	2075,0	2075,0	2075,0	2075,0	2075,0	2075,0	2075,0	2075,0	2075,0	2075,0	2075,0	2075,0	1900,0	2075,0	2075,0
Transformador elevador	3																															
conexão por barra de geração, P > 10 MW		X					X	700	620	520	30,0	620,0	620,0	620,0	520,0	700,0	620,0	620,0	620,0	620,0	520,0	620,0	620,0	620,0	620,0	620,0	620,0	700,0	700,0	620,0	620,0	520,0
Equipamentos auxiliares elétricos	3							550	445	350	33,3	445,0	445,0	445,0	445,0	350,0	550,0	550,0	445,0	445,0	445,0	350,0	445,0	445,0	350,0	445,0	445,0	445,0	445,0	445,0	550,0	550,0
Sistema de proteção e controle	3							680	600	530	25,0	600,0	600,0	600,0	600,0	600,0	680,0	600,0	600,0	600,0	600,0	680,0	680,0	530,0	600,0	600,0	600,0	680,0	600,0	680,0	680,0	
Instalações Elétricas	3							120	100	90	5,0	100,0	100,0	100,0	100,0	90,0	100,0	120,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	90,0	100,0	100,0	100,0	90,0	100,0	90,0	120,0	
Sistema de Transmissão	3																															
sem SE; conexão tipo bloco unitário						X	X	230	200	180	8,3	230,0	180,0	200,0	200,0	180,0	200,0	200,0	180,0	200,0	180,0	230,0	200,0	180,0	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	
2.3 Equipamentos mecânicos																																
Turbina	3																															
Turbina tipo 1 - Francis < 10 MW		X	X					3.050	2.875	2.700	58,3	2700,0	2875,0	2875,0	2700,0	2875,0	2875,0	3050,0	2875,0	2875,0	2875,0	2875,0	2875,0	2875,0	2875,0	2875,0	2875,0	2700,0	2700,0	2875,0	2700,0	
Conduto forçado	3																															
de comprimento < 100 m			X					550	500	470	13,3	550,0	470,0	500,0	500,0	500,0	500,0	470,0	500,0	500,0	500,0	500,0	500,0	470,0	500,0	500,0	500,0	470,0	550,0	500,0	550,0	
Equipamentos Hidromecânicos	3							260	210	165	15,8	210,0	210,0	210,0	210,0	210,0	260,0	210,0	210,0	210,0	210,0	210,0	210,0	260,0	260,0	210,0	210,0	210,0	210,0	165,0	210,0	
Equipamentos de Movimentação/Levantamento	CUSTOS CONSTANTES, INDEPENDENTE DA QUANTIDADE DE U. G. s							215	205	190	4,2	190,0	205,0	205,0	215,0	215,0	205,0	205,0	215,0	190,0	205,0	190,0	205,0	205,0	205,0	205,0	205,0	205,0	205,0	205,0	190,0	
Equipamentos auxiliares mecânicos	3							350	304	280	11,7	350,0	350,0	350,0	304,4	304,4	304,4	304,4	350,0	304,4	304,4	350,0	304,4	304,4	280,0	304,4	350,0	304,4	304,4	304,4	304,4	
TOTAL												20177,2	20114,4	20151,7	19641,1	19833,9	19891,1	20221,7	19916,7	19641,1	19996,1	19975,0	19994,4	19371,7	19966,1	19647,2	19539,4	19906,7	19708,9	19996,1	19813,9	

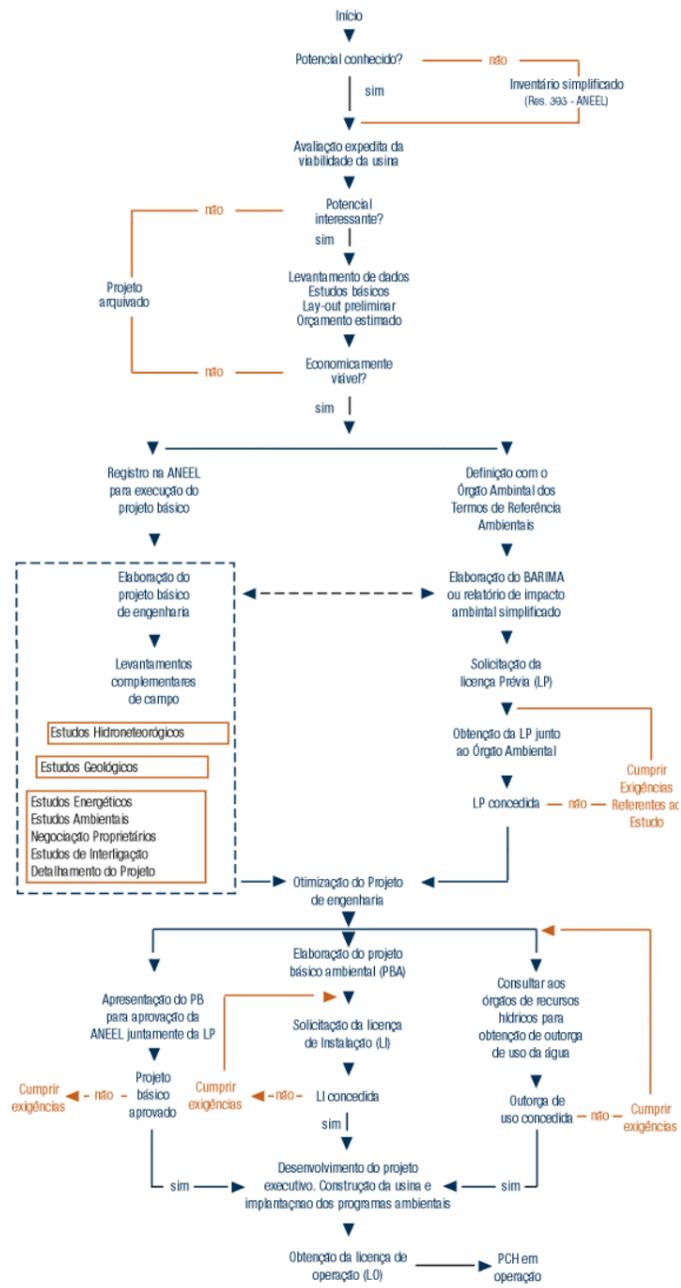
n = 20 MÉDIA = 19875,2 DESVIO PADRÃO = 226,01

APÊNDICE B – LISTA DE SIGLAS

ADM	Método do Diagrama de Flechas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANSI	American National Standards Institute
CBIEE	Câmara Brasileira de Investidores em Energia Elétrica
CDM	Método do Diagrama Condicional
CPM	Critical Path Method
CR	Custo Real
EAP	Estrutura Analítica de Projetos
EVA	Análise do Valor Agregado
EVM	Earned Value Management
FMEA	Failure Mode and Effects Analysis
FTA	Failure Tree Analysis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ISO	Organização Internacional de Normalização (International Organization for Standardization)
LI	Licença de Instalação
LO	Licença de Operação
LP	Licença Prévia
MVA	Mega Volt-Ampére
MW	Mega Watt
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
PCH	Pequena Central Hidrelétrica
PDM	Método do Diagrama de Precedências
PERT	Program of Evaluation and Review Technique
PMBOK	Project Management Body of Knowledge
PMI	Project Management Institute
POT	Potência
SOW	Statement of Work
UG	Unidade Geradora de Energia Elétrica
UHE	Usina Hidrelétrica
V	Volts
VA	Valor Agregado
VO	Valor Orçado
VP	Variação do Prazo
WBS	Work Breakdown Structure

ANEXO A – FLUXOGRAMA DE IMPLANTAÇÃO DE PCHs

Fluxograma de Implementação de uma PCH



Fonte: CndPCH (2004)