



**FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO E NEGÓCIOS DE
SERGIPE – FANESSE
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

JOÃO VICTOR PIVA RIBEIRO

**DESMONTAGEM, TRANSPORTE E MONTAGEM: estudo
de caso na PETROBRAS**

**Aracaju – SE
2014.1**

JOÃO VICTOR PIVA RIBEIRO

**DESMONTAGEM, TRANSPORTE E MONTAGEM: estudo
de caso na PETROBRAS**

**Monografia apresentada à Coordenação do
Curso de Engenharia de Produção da
Faculdade de Administração e Negócios de
Sergipe - FANESE, como requisito parcial e
elemento obrigatório para a obtenção do grau
de bacharel em Engenharia de Produção.**

Orientador: Prof. Esp. Kleber Andrade Souza

Coordenador: Prof. Alcides Araujo Filho

**Aracaju - SE
2014.1**

R484d RIBEIRO, João Victor Piva. Desmontagem, Transporte e Montagem: estudo de caso na Petrobrás. Aracaju, 2014. 84 f.

Monografia (Graduação) – Faculdade de Administração e Negócios de Sergipe. Departamento de Engenharia de Produção, 2014.

Orientador: Prof. Esp. Kleber Andrade Souza

1. Poços Onshore 2. Desmontagem 3. Transporte e Montagem I. TÍTULO.

CDU 658.5: 656.125: 621.717: 550.831(813.7)

JOÃO VICTOR PIVA RIBEIRO

**DESMONTAGEM, TRANSPORTE E MONTAGEM: estudo
de caso na PETROBRAS**

**Monografia apresentada à Coordenação do Curso de Engenharia de Produção
da Faculdade de Administração e Negócios de Sergipe - FANESE, como
requisito parcial e elemento obrigatório para a obtenção de grau de
bacharelado em Engenharia de Produção, no período 2014.1.**

**Prof. Esp. Kleber Andrade Souza
1º Examinador (Orientador)**

**Prof. Esp. André Maciel Passos Gabillaud
2º Examinador**

**Prof. MSc. Luiz Alberto Nogueira Morato
3º Examinador**

Aprovado com média: _____

Aracaju (SE) ____ de _____ de 2014.

AGRADECIMENTOS

Inicialmente, gostaria de agradecer a minha família, por todo apoio e ensinamentos que me proporcionaram ao longo de toda a minha vida, principalmente durante esta difícil etapa acadêmica em busca do sonho do diploma de Engenheiro de Produção.

Agradeço a todos os professores e membros da FANESE, com os quais tive a oportunidade de conviver, por todo conhecimento passado, pela constante compreensão e apoio às minhas dificuldades de conciliação da vida acadêmica com a vida profissional. Em especial aos professores Everton Gonçalves, pelo apoio disponibilizado, e Kleber Andrade, por aceitar me orientar no desenvolvimento deste trabalho.

Por fim, agradeço aos meus colegas de trabalho que foram extremamente companheiros e solícitos durante o desenvolvimento das atividades para a conclusão deste trabalho.

RESUMO

Com o desenvolvimento e operacionalização do pré-sal e o foco dos investimentos voltados para a atividade *offshore*, é extremamente necessária a redução de custos de todos os processos que envolvem a construção de poços *onshore*, para que esta atividade consiga competir por recursos. Dentre estes processos, está o processo de desmontagem, transporte e montagem de uma sonda terrestre, conhecido como DTM. Sendo assim, o objetivo deste trabalho é reduzir o tempo de realização do DTM da sonda SC-82 por meio, da metodologia de estudo de caso realizado em campo, com características descritivas e quantitativas. O trabalho está dividido em cinco seções. Na primeira é descrita a atual situação das atividades *onshore* na PETROBRAS, justificando o motivo da realização do trabalho e os objetivos do mesmo. Na segunda seção serão abordados conceitos e definições sobre o tema, que serão de fundamental importância para o bom entendimento do trabalho. A seção três descreve como o trabalho foi realizado, através da metodologia. A quarta seção aborda os resultados obtidos com a realização do trabalho através do levantamento de melhorias, implantação das melhorias no processo e comparação do tempo de realização do DTM antes e depois da implantação das melhorias. A quinta e última seção trata da conclusão, onde foi exposto que através do desenvolvimento do trabalho foi reduzido o tempo de realização do DTM, demonstrando que o objetivo geral do trabalho foi atingido.

Palavras-chave: Poços *onshore*, Desmontagem, Transporte e Montagem.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Catarina e Gancho.....	15
Figura 02 – <i>Swivel</i>	15
Figura 03 – Bombas de lama.....	16
Figura 04 – BOP anular e gaveta.....	16
Figura 05 – Indicador de peso sobre broca.....	17
Figura 06 – Sonda rotativa.....	17
Figura 07 – Representação de uma atividade fantasma.....	19
Figura 08 – Rede de um projeto com uma atividade fantasma.....	20
Figura 09 – Caminho crítico.....	21
Figura 10 – Cedos e tardes.....	22
Figura 11 – Cedos e tardes (outra representação).....	22
Figura 12 – Rede genérica.....	23
Figura 13 – Rede genérica (adição de nós).....	24
Figura 14 – Dados do projeto.....	24
Figura 15 – Rede PERT/CPM, cedos e tardes, e caminho crítico.....	25
Figura 16 – Folgas.....	26
Figura 17 – Diagrama de Ishikawa.....	30
Figura 18 – Formulário para o método 5W 2H.....	31
Figura 19 – Representação do nó.....	49
Figura 20 – BOP montado.....	56
Figura 21 – Telescópio em desmontagem.....	59

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01 – Rede PERT/CPM do processo de DTM (situação inicial).....	48
Gráfico 02 – Cedos (situação inicial).....	49
Gráfico 03 – Tardes (situação inicial).....	50
Gráfico 04 – Caminho crítico do processo do DTM (situação inicial).....	53
Gráfico 05 – Diagrama desmontagem do BOP.....	57
Gráfico 06 – Diagrama desmontagem do bloco de coroamento.....	57
Gráfico 07 – Diagrama montagem do bloco de coroamento.....	58
Gráfico 08 – Diagrama desmontagem do carro sonda e subestrutura.....	59
Gráfico 09 – Diagrama <i>aguardando luz do dia</i>.....	60
Gráfico 10 – Diagrama montagem do carro sonda e subestrutura.....	61
Gráfico 11 – Diagrama DTM (situação inicial).....	62
Gráfico 12 – Rede PERT/CPM e perdas.....	63
Gráfico 13 – Nova rede PERT/CPM do processo de DTM (situação final).....	72
Gráfico 14 – Cedos (situação final).....	73
Gráfico 15 – Tardes (situação final).....	74
Gráfico 16 – Caminho crítico do processo de DTM (situação final).....	77

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 – Variáveis e indicadores.....	37
Quadro 02 – Coleta de dados da desmontagem.....	38
Quadro 03 – Coleta de dados da montagem.....	38
Quadro 04 – Coleta de dados do transporte.....	39
Quadro 05 – Dependências.....	40
Quadro 06 – Dados da desmontagem do DTM (situação inicial).....	42
Quadro 07 – Dados da montagem do DTM (situação inicial).....	44
Quadro 08 – Dados do transporte do DTM (situação inicial).....	45
Quadro 09 – Atividades e nomenclaturas.....	46
Quadro 10 – Aguardando luz do dia e sua nomenclatura.....	47
Quadro 11 – Dependências do DTM (situação inicial).....	47
Quadro 12 – Folgas (situação inicial).....	51
Quadro 13 – Questões da desmontagem.....	55
Quadro 14 – Questões da montagem.....	60
Quadro 15 – Perdas e medidas.....	64
Quadro 16 – Dados da desmontagem do DTM (situação final).....	66
Quadro 17 – Dados da montagem do DTM (situação final).....	68
Quadro 18 – Dados de transporte do DTM (situação final).....	69
Quadro 19 – Comparação entre o transporte na situação inicial e final.....	70
Quadro 20 – Dependências do DTM (situação final).....	71
Quadro 21 – Folgas (situação final).....	75
Quadro 22 – Comparação entre o DTM na situação inicial e final.....	78
Quadro 23 – Comparação entre a atividade RT na situação inicial e final.....	78
Quadro 24 – Comparação excluindo o transporte na situação inicial e final	79

SUMÁRIO

RESUMO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE GRÁFICOS

LISTA DE QUADROS

1 INTRODUÇÃO.....	11
1.1 Situação Problema.....	12
1.2 Objetivos.....	12
1.2.1 Objetivo geral.....	12
1.2.2 Objetivos específicos.....	13
1.3 Justificativa.....	13
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	14
2.1 Equipamentos de Sonda.....	14
2.2 PERT/CPM.....	18
2.3 Perdas.....	27
2.4 <i>Brainstorming</i>	28
2.5 Diagrama de Ishikawa.....	29
2.6 Método 5 W 2 H.....	30
3 METODOLOGIA.....	32
3.1 Abordagem Metodológica.....	32
3.2 Caracterização da Pesquisa.....	32
3.2.1 Quanto aos objetivos.....	33
3.2.2 Quanto aos meios.....	33
3.2.3 Quanto à abordagem dos dados.....	34
3.3 Instrumentos de pesquisa.....	35
3.4 Unidade, Universo e Amostra da Pesquisa.....	36
3.5 Definição de Variáveis e Indicadores da Pesquisa.....	36
3.6 Plano de Registro e Análise dos Dados.....	37
4 ANÁLISE DE RESULTADOS.....	42
4.1 Construção da rede PERT/CPM do DTM (Situação Inicial).....	42
4.2 Determinação do Caminho Crítico do DTM (Situação Inicial).....	48
4.3 Identificação de Perdas.....	53
4.3.1 Identificação de perdas na desmontagem.....	54
4.3.2 Identificação de perdas na montagem.....	60
4.3.3 Identificação de perdas no transporte.....	61
4.4 Sugestão de uma Nova Rede PERT/CPM.....	64
4.4.1 Sugestões de melhorias apresentadas.....	64
4.4.2 Sugestões acatadas.....	65
4.4.3 Construção da nova rede PERT/CPM do DTM (Situação Final).....	66
4.5 Determinação do Caminho Crítico do DTM (Situação Final).....	72

4.6 Comparação do Tempo de DTM da Antiga e da Nova Rede PERT/CPM...	77
5 CONCLUSÃO.....	80
REFERÊNCIAS.....	81
GLOSSÁRIO.....	83

1 INTRODUÇÃO

O cenário de produção de petróleo e gás no Brasil tem hoje seu foco principal no setor *offshore*, principalmente com a explosão de mercado ocasionada pela descoberta e operacionalização do pré-sal. No entanto, as operações no setor *onshore* ainda continuam existindo e, devido ao fato de ser uma atividade que requer um investimento muito menor do que as atividades *offshore*, as atividades *onshore*, ainda possuem um lugar de destaque e estratégico dentro de um cenário futuro onde se necessite produzir petróleo e gás a custos bem mais baixos que o atual.

As operações que envolvem o processo de construção de poços *onshore* têm algumas particularidades em relação à construção de poços *offshore*. Uma das diferenças mais marcantes está na forma de movimentação das sondas, responsáveis pela construção dos poços, de um local para outro. Nas atividades *offshore* a sonda inteira navega de um local para outro, já nas atividades *onshore* a sonda é desmontada, transportada por partes em caminhões, helicópteros e barcos, e por fim montada em outro local.

Ao analisar a viabilidade econômica de um projeto de construção de um poço terrestre (*onshore*) diversos itens são considerados, como: preço diário da sonda; número de dias necessários para construção do poço; custo com ferramentas de poço; custo com serviços de apoio; entre outros. Encontra-se também o custo relativo à desmontagem, transporte e montagem (DTM) da sonda, no qual é avaliado o tempo necessário para realização dessas atividades. Sendo assim, quanto mais rápido for realizado o processo de DTM, menores serão seus custos e conseqüentemente menores serão os custos do projeto como um todo.

De acordo com a característica do poço, o processo de DTM da sonda pode influenciar mais, ou menos no custo do projeto do poço. Em poços mais profundos, que demoram mais tempo em construção, o processo de DTM tem menor influência sobre o custo do projeto do poço, pois a maior parte dos custos está incluída nos custos relativos ao processo de construção do poço propriamente dito. Já em poços mais rasos, que demoram menos tempo em construção, o

processo de DTM tem grande influência nos custos do projeto do poço, pois, grande parte dos custos está incluída sobre o processo de DTM.

Nesse contexto, o processo de DTM requer uma atenção especial nas regiões onde são construídos poços rasos e a redução do tempo de realização desse processo é fundamental para redução de custos dos projetos de construção de poços terrestres.

1.1 Situação Problema

A empresa Petróleo Brasileiro S.A., PETROBRAS, em 2009 promoveu uma reestruturação na diretoria de Exploração e Produção, E&P. Dentro desta diretoria foram formadas duas gerências gerais: a Gerência de Construção de Poços Marítimos, CPM e a Gerência de Construção de Poços Terrestres, CPT. Com o intuito de melhorar a eficiência de custos das sondas de perfuração terrestre, o gerente geral da CPT determinou a criação de uma coordenação de Desmontagem, Transporte e Montagem, DTM, dentro de cada gerência setorial de Operações com Sondagens, OS.

Criada a coordenação de DTM, iniciou-se o processo de análise, avaliação e reestruturação desse processo. Neste contexto, analisando o tempo de realização do processo de DTM, na sonda de perfuração terrestre SC-82, pertencente a OS Sergipe-Alagoas, notou-se que este estava ultrapassando o tempo previsto em projeto e isso somado a necessidade de redução do tempo previsto para a aprovação dos Estudos de Viabilidade Técnica e Econômica, EVTE, nos novos projetos, criou a necessidade de redução do tempo de realização do processo de DTM na sonda SC-82. Nesse contexto, surge a seguinte questão: **como é possível reduzir o tempo de realização do processo de DTM na sonda SC-82?**

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Analisar a aplicabilidade da técnica PERT/CPM na redução do tempo de realização do processo de DTM da SC-82.

1.2.2 Objetivos específicos

- Construir a rede PERT/CPM do processo de DTM da SC-82;
- Determinar o caminho crítico do processo de DTM da SC-82;
- Identificar perdas no caminho crítico do processo de DTM da SC-82;
- Sugerir uma nova rede PERT/CPM do processo de DTM da SC-82;
- Determinar o caminho crítico do processo de DTM da SC-82, após a implantação da nova rede PERT/CPM;
- Comparar o tempo de realização do processo de DTM da SC-82, antes e após a implantação da nova rede PERT/CPM.

1.3 Justificativa

Com o foco de negócio da diretoria de Exploração e Produção, E&P, da PETROBRAS, voltado à Gerência de Construção de Poços Marítimos, CPM, com a perfuração *offshore* de poços na região do pré-sal, os investimentos destinados a Gerência de Construção de Poços Terrestre, CPT, não estão sendo prioritários, ainda mais quando se trata da região de Sergipe-Alagoas que possui campos maduros e com baixas produtividades. Neste cenário é fundamental a redução dos custos de construção dos poços terrestres, para que esta atividade continue sendo vista como viável.

Um importante processo na construção de poços terrestres é o DTM e nos poços construídos na região de Sergipe-Alagoas este processo é ainda mais importante, devido ao fato dos poços construídos nessa região serem poços rasos, ou seja, poços perfurados rapidamente, onde o percentual de participação do processo de DTM no custo do projeto do poço é bastante significativo. Sendo assim, este trabalho se justifica pelo fato que através do seu desenvolvimento é possível reduzir o tempo de realização do processo de DTM na sonda SC-82. O desenvolvimento deste trabalho também possibilitou, ao autor da pesquisa, a aplicação de conhecimentos, técnicas e ferramentas estudadas teoricamente no decorrer da sua graduação em Engenharia de Produção.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A fundamentação teórica é a explicitação de assuntos fundamentais para o desenvolvimento e bom entendimento do trabalho. Neste tópico serão abordados os assuntos: Equipamentos de sonda, PERT/CPM, perdas, *brainstorming*, diagrama de Ishikawa e método 5W 2H.

2.1 Equipamentos de Sonda

Para Thomas (2004, p. 55):

[...] Todos os equipamentos de uma sonda rotativa, responsáveis por determinada função na perfuração de um poço são agrupados nos chamados sistemas de uma sonda. Os principais sistemas são: de sustentação de cargas, de geração e transmissão de energia, de movimentação de carga, de rotação, de circulação, de segurança do poço, de monitoração e o sistema de subsuperfície (coluna de perfuração).

Já Almeida (1977, p. 85), classifica os equipamentos de uma sonda rotativa de maneira mais resumida, em apenas três sistemas: sistema de suspensão, sistema rotativo e sistema de circulação.

Adotando a classificação de Thomas (2004, p.55-70), seguem abaixo os sistemas de uma sonda rotativa com suas respectivas funções e seus equipamentos componentes:

O sistema de sustentação de cargas é o conjunto de equipamentos responsáveis por sustentar o peso da coluna de perfuração. São constituídos pelo mastro ou torre, pela subestrutura e pela fundação da locação onde a sonda está instalada.

O sistema de geração de energia é o conjunto de equipamentos responsáveis por fornecer e transmitir energia aos demais sistemas da sonda. Nas sondas mecânicas, é composto pelos motores a diesel, conversores de torque, embreagens e transmissão mecânica, conhecida como *compound*. Já nas sondas diesel-elétricas, é composto pelos motores a diesel, geradores de corrente alternada, retificadores e transformadores.

O sistema de movimentação de carga é conjunto de equipamentos que permitem a movimentação da coluna de perfuração. É formado pelo guincho, responsável direto pela movimentação da coluna de perfuração, pelo cabo de perfuração acoplado ao guincho, pelo bloco de coroamento ou bloco de polias fixas, que se encontra no topo da torre e pelo bloco de polias móveis, conhecido como Catarina, representado na Figura 01, que tem acoplado ao seu corpo o gancho.

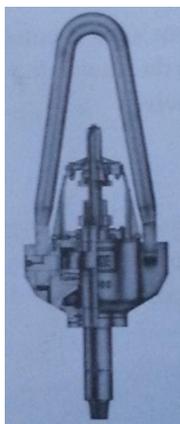
Figura 01 – Catarina e gancho



Fonte: Thomas (2004, p. 61)

O sistema de rotação é responsável por transmitir rotação à coluna de perfuração. As sondas mais modernas possuem um equipamento chamado *top drive* que transmite a rotação diretamente ao topo da coluna. Mas existe um sistema mais simples de transmissão através da mesa rotativa. Os equipamentos que compõem este sistema são a mesa rotativa, a haste quadrada conhecida como *Kelly*, a cabeça de injeção de fluido para o interior da coluna ou *swivel*, representado na Figura 02, e o *top drive*.

Figura 02 – Swivel



Fonte: Thomas (2004, p. 64)

O sistema de circulação é composto por equipamentos que permitem a circulação do fluido e seu tratamento. A bomba de injeção ou bomba de lama, representada na Figura 03, é a responsável pela injeção do fluido de perfuração, a peneira vibratória, o desareizador, o dessiltador, o desgaseificador, o *mud cleaner* e a centrífuga, são os equipamentos responsáveis pelo acondicionamento do fluido de perfuração após a circulação.

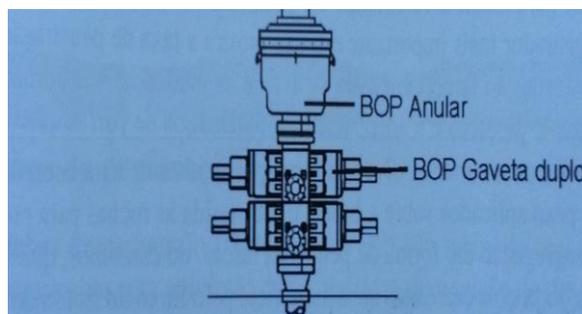
Figura 03 – Bombas de lama



Fonte: Thomas (2004, p. 65)

O sistema de segurança do poço é responsável por manter o poço e a sonda em segurança, caso ocorra algum influxo indesejável oriundo da formação. São conhecidos como equipamentos de segurança de cabeça de poço, representados pela sigla ESCP. São assim classificados: a cabeça de revestimento, o carretel de perfuração, os adaptadores, o carretel espaçador, o BOP, ou preventor, anular e gaveta, representados na Figura 04.

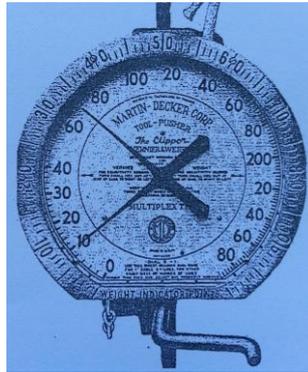
Figura 04 – BOP anular e gaveta



Fonte: Adaptado de Thomas (2004, p. 69)

O sistema de monitoração é composto pelos manômetros, indicador de peso sobre broca, usualmente chamado de *Martin Decker*, representado na Figura 05, indicador de torque, tacômetro etc. Responsáveis pelo monitoramento e controle dos parâmetros de perfuração.

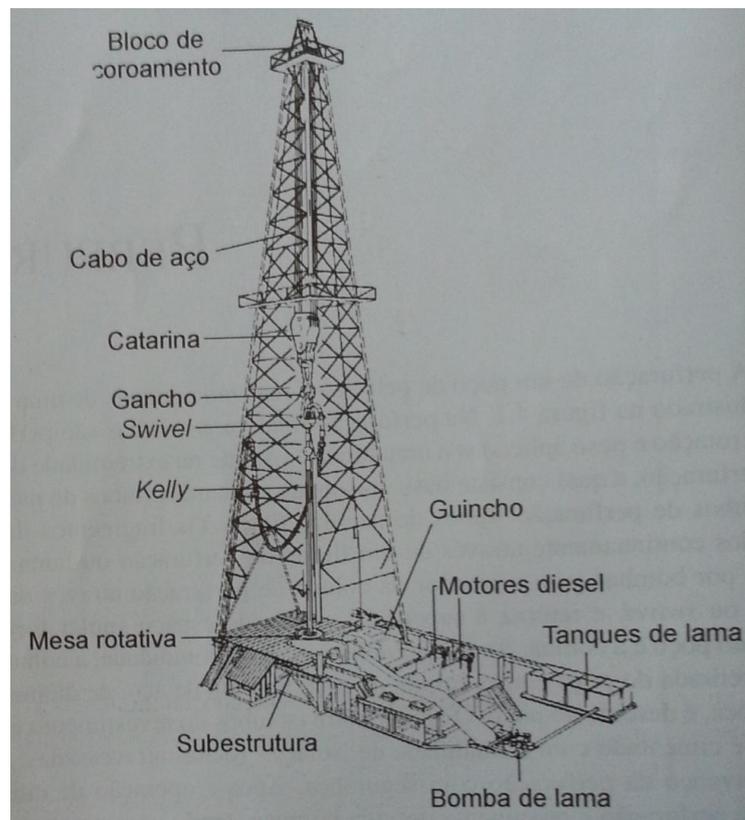
Figura 05 – Indicador de peso sobre broca



Fonte: Almeida (1977, p. 193)

O sistema de subsuperfície é composto pela coluna de perfuração, que tem como seus principais elementos: os *drill collars*, tubos de elevado peso linear e alto grau de rigidez; os *heavy weight*, tubos responsável pela transição de rigidez entre os *drill collars* e os *drill pipes*; e por fim, os já anteriormente citados *drill pipes*, que são tubos de baixo peso linear e maior flexibilidade que os demais.

Figura 06 – Sonda rotativa



Fonte: Thomas (2004, p. 56)

A Figura 06 representa uma sonda rotativa na construção de um poço, onde os equipamentos de todos os sistemas atuam ao mesmo tempo.

Neste processo, os motores a diesel fornecem energia aos geradores,

que transmitem corrente elétrica para o funcionamento do guincho, das bombas de lama e da mesa rotativa.

A mesa rotativa transmite rotação ao *Kelly* que, por sua vez, transmite rotação aos *drill pipes*, *heavy weights* e *drill collars*, que formam a coluna de perfuração. A coluna de perfuração é uma extensão que comunica a superfície com o fundo do poço e fornece peso para a compressão da formação.

O mastro sustenta todo o peso da coluna da perfuração e está apoiado na subestrutura. A subestrutura, por sua vez, está apoiada no solo, dando estabilidade à sonda durante a construção de um poço.

Após a construção do poço, os equipamentos da sonda são desmontados no poço construído, transportados e montados onde será construído o novo poço, processo conhecido por DTM. As atividades do processo de DTM e o seu caminho crítico, podem ser representados, através de uma rede PERT/CPM.

2.2 PERT/CPM

Segundo Andrade (2010, p. 158), durante a década de 50 duas técnicas de planejamento e controle de projetos foram desenvolvidas: a *Critical Path Method*, ou em português, Método do Caminho Crítico, representada pela sigla CPM; e a *Program Evaluation and Review Technique*, ou Técnica de Avaliação e Revisão de Programas, conhecida pela sigla PERT. A técnica CPM foi desenvolvida pela equipe da *DuPont de Neumours & Company* para aplicação em projetos de construção, já a técnica PERT foi desenvolvida pela marinha americana visando à aplicação no projeto de mísseis *Polaris*.

Ainda segundo Andrade (2010, p. 158), mesmo sendo desenvolvidas por equipes diferentes e aplicadas a tipos diferentes de projetos, as duas técnicas são tão parecidas que hoje são consideradas uma só, sendo representadas pela sigla PERT/CPM.

Para Prado (2011, p.27-28), no final da década de cinquenta a execução de projetos já era comum em muitas organizações e alguns estudos realizados apontaram que a diferença entre o planejado e o executado era bastante significativa. Neste contexto, a técnica PERT/CPM exerceu grande importância para o gerenciamento de projetos, pois seu desenvolvimento representou uma grande evolução no assunto, ao ponto de ser considerada como um pilar da moderna

gerência de projetos.

De acordo com Moreira (2008, p. 432-433), a técnica PERT/CPM utiliza-se do conceito de redes para planejar e acompanhar as atividades do projeto. As redes, de acordo com Taha (2010, p. 125), são representações gráficas constituídas por nós que estão interligados por ramos.

Segundo Vargas (2011 p. 173), as principais vantagens da utilização das redes são as seguintes: simples entendimento do projeto e interdependência entre as atividades bem definidas. Em contrapartida as principais desvantagens são: apresentam relatórios muito extensos e sua utilização é de difícil manipulação.

De acordo com Peinado; Graeml (2007, p. 497-500), na construção de uma rede PERT/CPM, através do diagrama de setas, algumas regras devem ser seguidas:

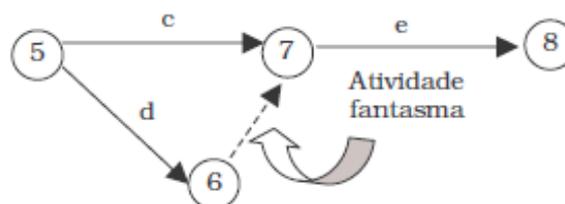
Cada atividade apenas pode ser representada por uma única seta da esquerda para direita.

Cada atividade acontece entre duas etapas, etapa início e etapa fim, representadas por nós.

Não é possível existir nenhuma forma de circuito fechado em um diagrama de rede.

Por fim, não é possível que duas ou mais atividades compartilhem do mesmo evento final e inicial, isso ocorre com o intuito de impossibilitar a dependência indesejada entre atividades, o que ocorre quando atividades independentes compartilham de atividades antecedentes. Para isso é lançado o uso de atividades fantasmas, que são atividades que não consomem tempo e garantem que os eventos finais de atividades independentes sejam diferentes. As atividades fantasmas são representadas por linhas tracejadas, conforme demonstrado na Figura 07.

Figura 07 – Representação de uma atividade fantasma



Fonte: Peinado, Graeml (2007, p.500)

Segundo Martins; Laugeni (2005, p. 420), após a construção da rede

PERT/CPM do projeto e a determinação dos tempos de realização de cada atividade, o próximo passo a seguir é determinar o caminho crítico, que de acordo com Davis; Aquilano; Chase (2008, p. 368), nada mais é que o caminho onde se encontram as atividades críticas ou gargalos do projeto.

As atividades críticas são atividades que não possuem folga para determinação de seus tempos de início e conclusão, sendo assim, são atividades que merecem atenção especial, pois, caso atrasem implicarão necessariamente no atraso do projeto, de acordo com Taha (2010, p. 127).

De acordo com Vargas (2011, p. 179-180), o caminho crítico é constituído pelas atividades críticas que são as mais importantes do projeto e sua duração interfere diretamente na duração do projeto. Já as modificações de tempo em atividades não críticas, não possuem influência sobre a duração do projeto.

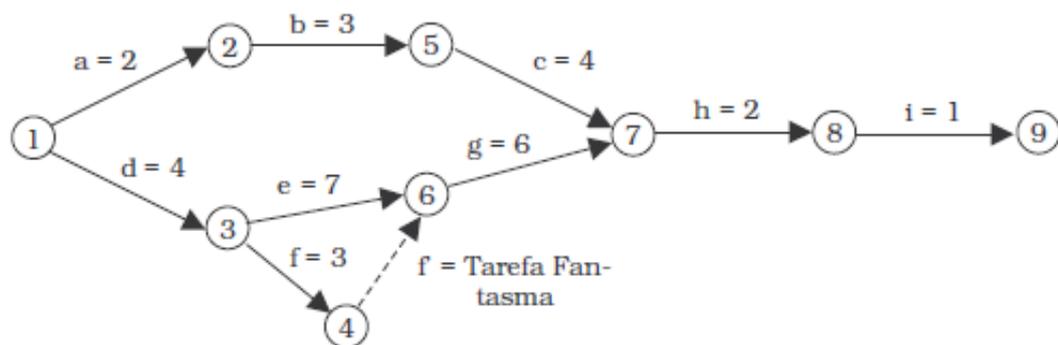
Segundo Goldbarg; Luna (2005, p.267-268):

[...] O caminho crítico é o caminho que determina a sequência de atividades dominantes em relação ao tempo, ou seja, é o caminho mais longo da rede. Esse caminho representa o gargalo para a duração de todo o processo. Obviamente poderão existir outros caminhos mais curtos dentro da rede, mas eles serão dominados em relação ao tempo pelo mais longo. A existência de caminhos de duração variada em um mesmo planejamento implica que, em relação ao tempo de conclusão, algumas atividades acabarão assumindo um papel destacado ou crítico, enquanto outras estarão sujeitas a uma menor pressão.

Para Peinado; Graeml (2007, p. 501), “É o caminho crítico quem determina a duração mínima do projeto.”

A Figura 08 demonstra uma rede, na qual existem três possibilidades de caminho entre o evento inicial (1) e o evento final (9). O primeiro caminho passa pelas tarefas a-b-c-h-i, o segundo pelas tarefas d-e-g-h-i e o terceiro e pelas atividades d-f-g-h-i.

Figura 08 – Rede de um projeto com uma atividade fantasma

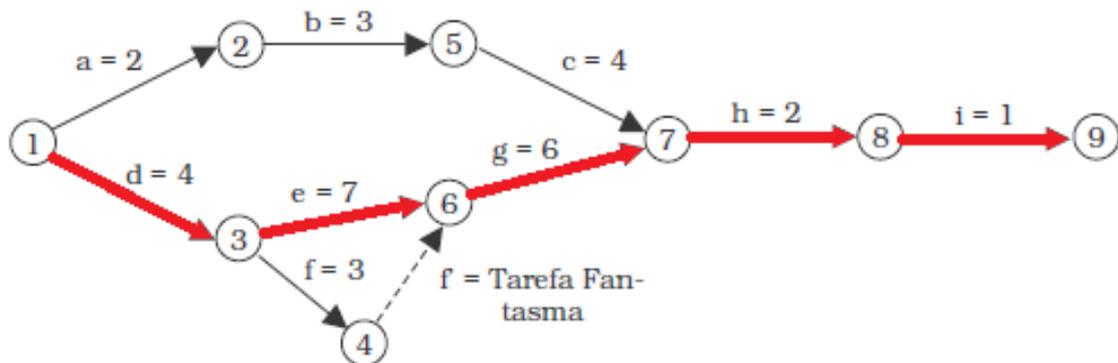


Fonte: Peinado, Graeml (2007, p. 500)

De acordo com Peinado; Graeml (2007, p. 500-501), para identificar o caminho crítico de uma rede PERT/CPM é necessário percorrer todos os três caminhos possíveis de atividades, somando o tempo de realização das atividades conjuntas em cada um dos caminhos. Segundo Slack; Chambers; Johnston, (2010, p. 533), “O caminho que contém a sequência mais longa de atividades é chamado de caminho crítico da rede.”

Somando o tempo de realização das atividades de cada um dos caminhos encontram-se os seguintes valores: 12 unidades de tempo no primeiro caminho; 20 unidades de tempo no segundo; e 16 unidades de tempo no terceiro. Sendo assim, o caminho crítico da rede é o segundo caminho, em destaque na Figura 09.

Figura 09 – Caminho crítico



Fonte: Adaptado de Peinado; Graeml (2007, p. 500)

Outra maneira de se calcular o caminho crítico de uma rede PERT, é através da identificação das folgas das atividades, dessa maneira, as atividades que não possuem folgas para sua realização são as atividades componentes do caminho crítico. Para a determinação das folgas das atividades de um projeto é necessária a utilização dos conceitos de cedo e tarde dos eventos.

Segundo Andrade (2010, p. 161), o cedo de um evento é a data mais cedo para a ocorrência do evento, levando em consideração que não houveram atrasos nas atividades anteriores. Já o tarde de um evento, é a data mais tarde possível para ocorrência de um evento, sem que acarrete em atrasos para as atividades seguintes.

Ainda segundo Andrade (2010, p. 161), existem regras a serem seguidas para o cálculo dos cedos e tardes dos eventos.

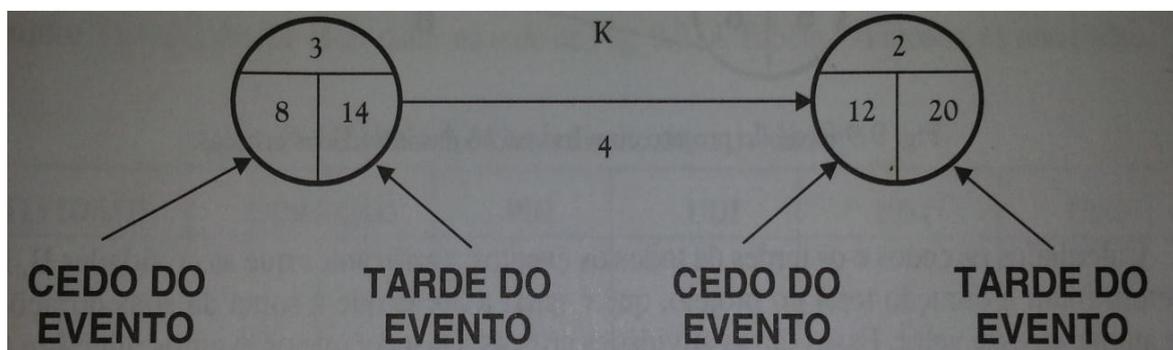
Para o cálculo dos cedos, a primeira regra a seguir é que considerando o cedo do evento inicial igual a zero, o cedo de cada evento é o resultado da soma do

cedo do evento anterior mais a duração da atividade. A segunda regra diz que, quando chegarem em um único evento duas ou mais atividades, o cedo considerado é o que possui o maior valor.

No cálculo dos tardes dos eventos, também são utilizadas duas regras, e a primeira regra é que considerando o tarde do evento final igual ao cedo do evento final, o tarde de um evento é o tarde do evento posterior menos a duração da atividade. A segunda regra diz que quando partem de um evento duas ou mais atividades, o tarde considerado é o que possui o menor valor.

Na Figura 10, estão representados os cedos e tardes dos eventos de uma atividade genérica.

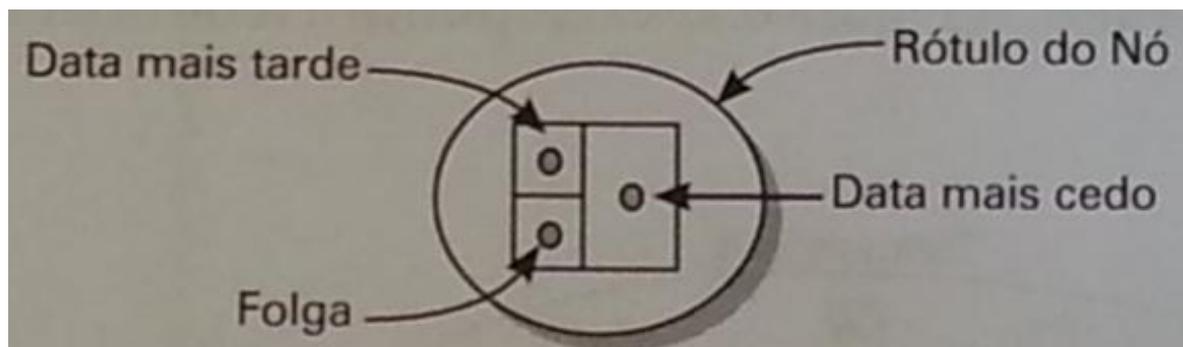
Figura 10 – Cedos e tardes



Fonte: Andrade (2010, p. 161)

Para Goldbarg; Luna (2005, p.268), os cedos e os tardes são representados graficamente de maneira diferente, ao invés de utilizar uma circunferência para o preenchimento dos cedos e tardes do nó, o autor utiliza um quadrado conforme representado na Figura 11. No modelo utilizado por Goldbarg; Luna (2005, p.268), a data mais cedo e mais tarde de término de uma atividade possuem valores iguais, respectivamente, ao cedo e ao tarde do evento final da atividade.

Figura 11 – Cedos e tardes (outra representação)

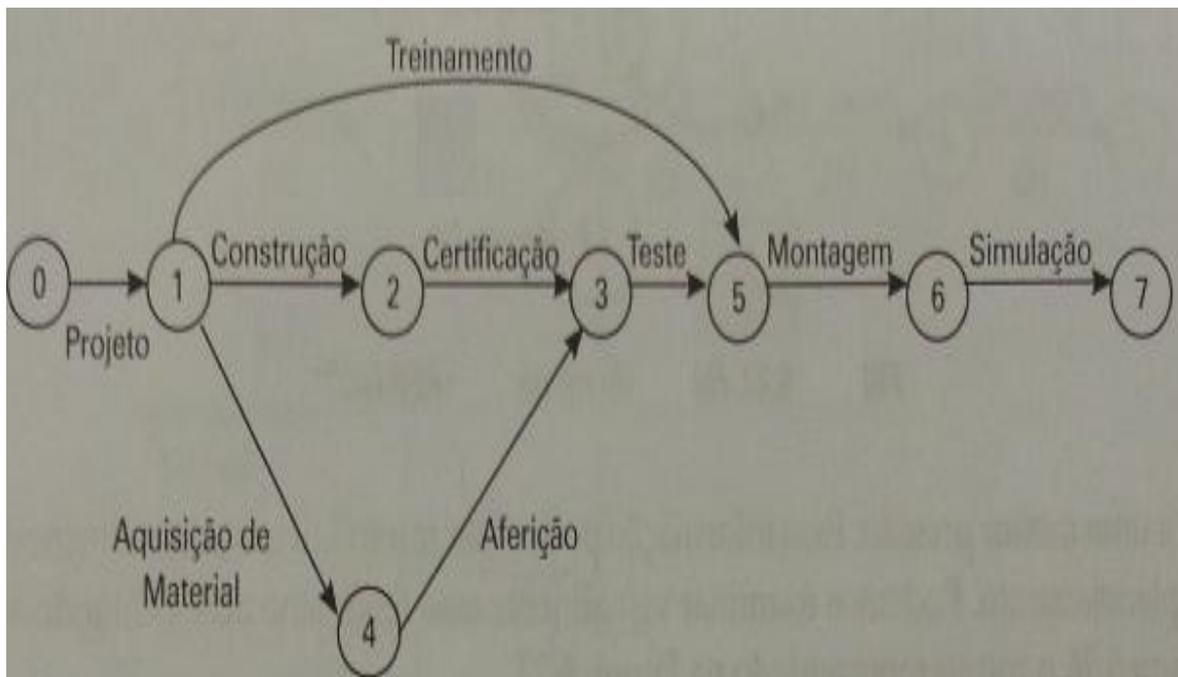


Fonte: Goldbarg; Luna (2005, p. 268)

Além da data mais cedo e mais tarde do evento, a Figura 11, também possui também um espaço destinado para o preenchimento da folga, que será abordado adiante.

Outra importante característica do modelo utilizado por Goldbarg; Luna (2005, p.268), é que no cálculo dos cedo, tardes e folgas, caso algum nó possua mais de uma atividade anterior ligada a ele, a atividade que resultará no maior valor de cedo deverá ser ligada diretamente ao nó, enquanto as outras atividades que chegam ao nó devem estar ligadas a ele por meio de atividades fantasmas. Para isso são adicionados novos nós entre as atividades que não podem estar ligadas diretamente e as atividade fantasma. As Figuras 12 e 13 expõem esta característica do modelo.

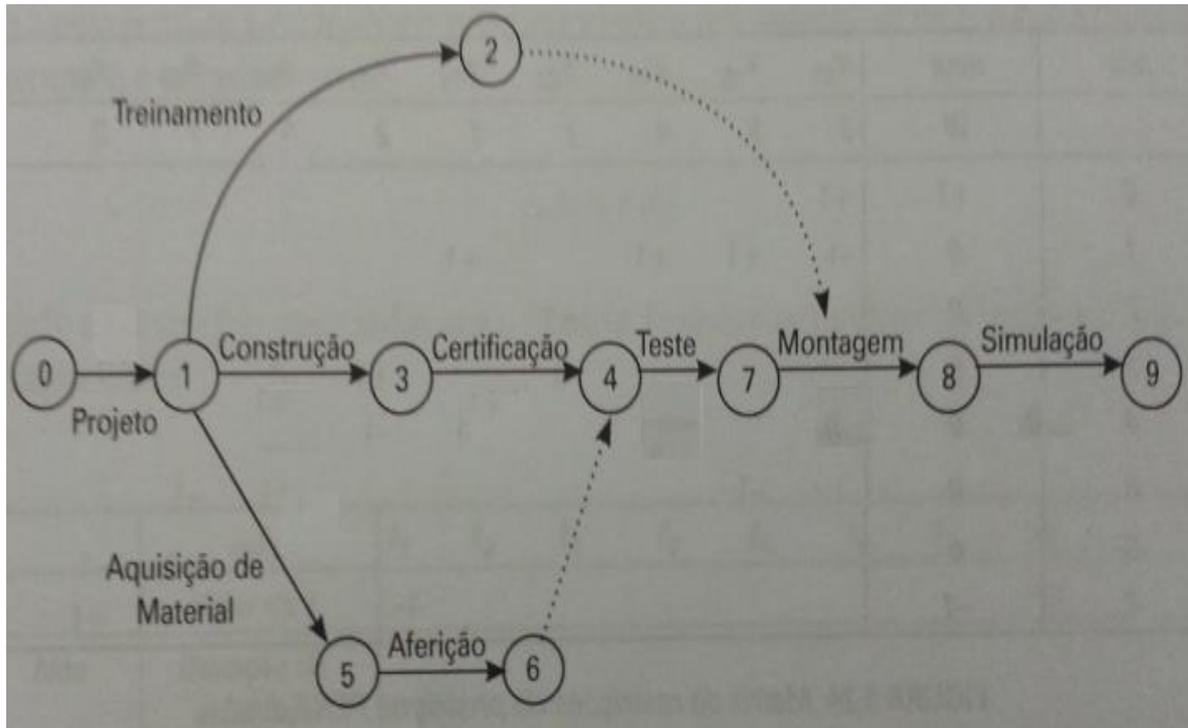
Figura 12 – Rede genérica



Fonte: Adaptado de Goldbarg; Luna (2005, p. 267)

A Figura 12 representa uma rede de um projeto genérico composta por nove atividades e por sete nós que fazem a interligação entre as atividades. Já a Figura 13 representa o mesmo processo da Figura 12, no entanto, foram adicionados mais dois nós, totalizando nove nós. Os dois nós foram adicionados, pois, percebe-se na Figura 12 que os nós 3 e 5 possuem duas atividades ligadas a eles diretamente, dessa maneira na Figura 13 foram adicionados os nós 2 e 6 que estão vinculados aos nós 4 e 7 (nós 3 e 5 na Figura 12) por meio de atividades fantasmas.

Figura 13 – Rede genérica (adição de nós)



Fonte: Adaptado de Goldbarg; Luna (2005, p. 268)

A Figura 14 expõe os dados de outro projeto genérico composto por sete atividades, neste está determinada a duração de cada uma das atividades e a relação de dependência entre elas.

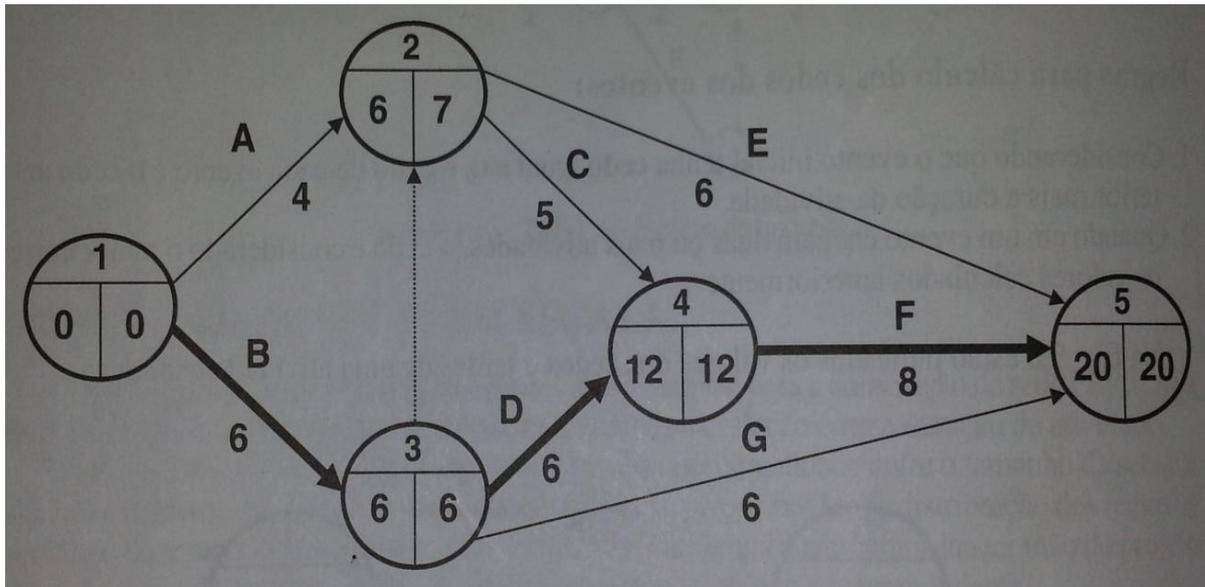
Através destes dados, foi construída a rede PERT/CPM do projeto, representada na Figura 15, onde estão identificados os cedos e os tardes de cada evento.

Figura 14 – Dados do projeto

ATIVIDADE	DURAÇÃO	DEPENDÊNCIA
A	4	-
B	6	-
C	5	A e B
D	6	B
E	6	A e B
F	8	C e D
G	6	B

Fonte: Andrade (2010, p. 161)

Figura 15 – Rede PERT/CPM, cedos e tardes, e caminho crítico



Fonte: Andrade (2010, p. 161).

Os conceitos de cedos e tardes são de fundamental importância para a determinação das folgas, pois, nos cálculos das folgas é necessária a utilização dos valores dos cedos e tardes.

Segundo Goldbarg; Luna (2005, p.269), o cálculo da folga de cada atividade é realizado de maneira simples e seu resultado é a subtração da data de tarde pela data de cedo em cada nó.

Cada nó possui uma lacuna para o preenchimento de um determinado valor de folga, como foi mostrado anteriormente na Figura 11. No entanto é importante ressaltar que esse valor de folga não faz referência à folga do evento, pois, não existe valor de folga de nenhum evento. As folgas fazem referência às atividades, dessa forma, o valor de folga que consta em cada nó faz referência à folga da atividade anterior ao nó, ou seja, faz referência à atividade que tem o nó como seu evento final.

Ainda segundo Goldbarg; Luna (2005, p.269), após calcular as folgas das atividades, o caminho que possuir as atividades com folgas iguais a zero é o caminho crítico do processo.

Já Andrade (2010, p.162), adota uma classificação um pouco mais complexa, onde as folgas das atividades são classificadas de quatro maneiras: folga total (FT), folga livre (FL), folga dependente (FD) e folga independente (FI).

Antes de conceituar cada uma das folgas é essencial ter o conhecimento a respeito do conceito do tempo disponível para execução, representado pela sigla

TD. O tempo disponível para execução é simplesmente, o tempo no qual a atividade é realizada, sem causar atrasos posteriores e considerando não terem ocorridos atrasos anteriores. O TD é calculado como: $TD = \text{Tarde do evento final} - \text{Cedo do evento inicial}$.

A folga total é o máximo atraso que uma determinada atividade pode sofrer sem que seja alterada sua data final de conclusão. A folga total é calculada da seguinte maneira: $FT = TD - \text{Duração}$.

Folga livre representa o máximo atraso que uma atividade pode sofrer sem que seja alterada a data correspondente ao cedo do evento final. É calculada como: $FL = \text{Cedo do evento final} - \text{Cedo do evento inicial} - \text{Duração}$.

Folga dependente é o máximo atraso que uma determinada atividade pode sofrer, considerando que esta vá se iniciar no tarde do evento inicial e terminar no tarde do evento final. É calculada da seguinte forma: $FD = \text{Tarde do evento final} - \text{Tarde do evento inicial} - \text{Duração}$.

A folga independente representa o máximo atraso que uma determinada atividade pode sofrer se a atividade começar no tarde do evento inicial e terminar no cedo do evento final. A folga independente é calculada da seguinte maneira: $FI = \text{Cedo do evento final} - \text{Tarde do evento inicial} - \text{Duração}$.

Segundo Andrade (2010, p.162), se algum dos cálculos de folgas resultar em um valor negativo, a respectiva folga deverá ser considerada igual a zero.

Figura 16 – Folgas

ATIVIDADE	DURAÇÃO	TD	FT	FL	FD	FI
A	4	7	3	2	3	2
B	6	6	0	0	0	0
C	5	6	1	1	0	0
D	6	6	0	0	0	0
E	6	14	8	8	7	7
F	8	8	0	0	0	0
G	6	14	8	8	8	8

Fonte: Andrade (2010 p. 162)

Utilizando os cedos e tardes dos eventos do projeto genérico representado na Figura 15, e conhecendo como se calcular cada uma das folgas

citadas anteriormente, foi montado um quadro com as folgas de cada uma das atividades do projeto, conforme demonstrado na Figura 16.

Analisando a Figura 16, nota-se que as atividades B, D e F, possuem folgas iguais a zero, conseqüentemente, essas atividades são consideradas atividades críticas e o caminho formado por elas é considerado o caminho crítico desse projeto, conforme está destacado em linhas mais grossas na Figura 15.

Conhecendo o caminho crítico da rede PERT/CPM de um processo, é possível identificar se alguma atividade que o compõe, pode ser considerada como perda, independente da maneira utilizada para encontrar o caminho crítico, seja através da soma das atividades de todos os caminhos possíveis, ou, através do cálculo das folgas utilizando os cedos e tardes.

2.3 Perdas

Segundo Slack *et al.* (2008, p. 373), qualquer atividade que não agregue valor é identificada como perda. Desta forma, além dos desperdícios de recursos e quebra de equipamentos, também podem ser identificadas como perdas quaisquer atividades de movimentação desnecessária, inspeção, paradas etc. Todo processo que deseja aumentar sua eficiência deve minimizar estas perdas.

Ainda segundo Slack *et al.* (2008, p. 374-376), as perdas no processo podem ser classificadas como:

Perdas por fluxo irregular, que ocorrem quando não há continuidades no fluxo. As barreiras responsáveis pela descontinuidade podem ser: tempo de espera, transporte, ineficiências no processo, estoque e perdas por movimentações.

Perdas por suprimento inexato, que são conseqüências do mau planejamento da quantidade e do momento de consumo dos insumos. As barreiras causadoras dessas perdas são: superprodução, subprodução, antecipação da entrega, atraso na entrega e estoques.

Perdas por resposta inflexível, que são reflexos da falta de flexibilidade do processo, enquanto as respostas às demandas dos clientes necessitam de um elevado grau de flexibilidade. Os sintomas de flexibilidade inadequada são: lotes grandes, atrasos entre as atividades, variações no *mix* de atividades maiores do que a variação da demanda do cliente.

Perdas por variabilidade, que são as variações nos níveis de qualidade do

produto ou serviço. Os sintomas de perdas por variabilidade são: confiabilidade deficiente do equipamento e produtos ou serviços defeituosos.

Após identificar as perdas em um processo, é possível identificar as causas e os efeitos de cada perda identificada através da utilização de ferramentas como: *brainstorming* e diagrama de Ishikawa.

2.4 Brainstorming

Segundo Thiry-Cherques (2002 p. 29), a técnica de *brainstorming* surgiu na segunda guerra mundial e foi desenvolvida pelo norte americano Alex Osborn. Osborn acreditava que o modelo tradicional de reunião reprimia a criatividade dos participantes, sendo assim, propôs alguns princípios que mobilizassem os recursos criativos do grupo, dando origem ao *brainstorming*.

O *brainstorming*, ou tempestade de ideias, nada mais é que um processo de livre emissão de ideias realizado normalmente por um grupo sem a presença de críticas para as ideias emitidas. A atmosfera sem inibições de ideias é ideal para a realização do *brainstorming*, que de acordo com Marshall Junior *et al.* (2008, p. 98), “É a busca da diversidade de opiniões a partir de um processo de criatividade grupal.”

Uma característica importante do *brainstorming* é a ausência de hierarquia durante o processo, ou seja, as ideias emitidas por todos os participantes devem ser tratadas da mesma maneira independente da posição hierárquica do indivíduo emissor da ideia. Outra importante característica é a capacidade de aceitar e conviver com diferenças conceituais e multidisciplinares existente entre os membros do grupo.

Para Thiry-Cherques (2002 p. 29), novas tecnologias, técnicas especializadas e processos inovadores têm sido aplicados à técnica de *brainstorming* com o intuito de obter resultados cada vez mais efetivos, motivando e maximizando a exploração de sua criatividade.

Ainda de acordo com Thiry-Cherques (2002 p. 29):

[...] Atualmente, seguindo sempre a orientação tradicional, o *brainstorming* faz uso, ainda de: novos processos e treinamentos específicos, objetivando a redução de inibições; técnicas que envolvem o pensamento criativo; *software*; novos materiais para a simulação e registro de informações.

Segundo Marshall Junior *et al.* (2008 p. 98), existem três fases típicas nos processos de brainstorming: a primeira é a apresentação clara e objetiva do assunto, problema ou situação que será abordada; a segunda é o processo de geração e documentação das ideias; a terceira e última é a análise e seleção das ideias propostas.

.O registro de todas as ideias propostas é essencial para o processo, para que por fim, seja possível realizar uma análise dessas ideias. Para Miguel (2006 p.141), uma forma de registro e representação de dados e informações obtidas mediante a realização do *brainstorming*, é através do diagrama de Ishikawa.

2.5 Diagrama de Ishikawa

O diagrama de Ishikawa, nome dado devido ao seu criador, Kaoru Ishikawa, segundo Miguel (2006 p.140), “Consiste em uma forma gráfica usada como metodologia de análise para representar fatores de influência sobre um determinado problema.” Os fatores de influência são as causas e os problemas são os efeitos, daí o fato de também ser conhecido como diagrama de causa e efeito. Devido a sua forma o gráfico é conhecido ainda por um terceiro nome: diagrama espinha de peixe.

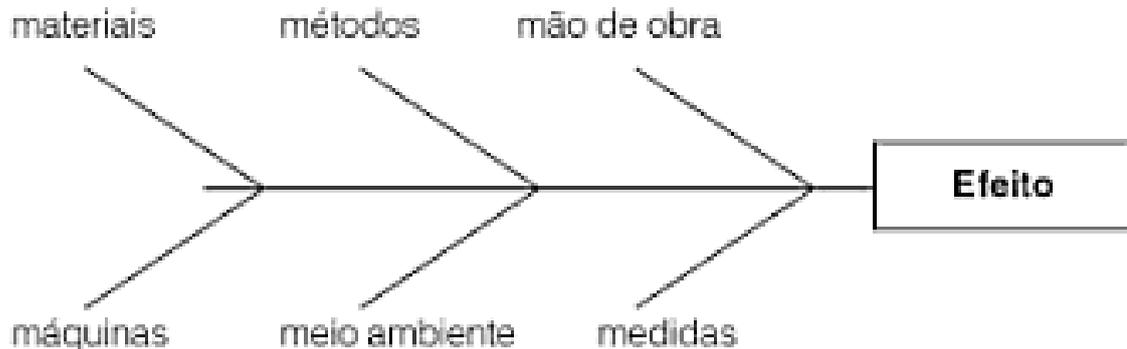
Para Thiry-Cherques (2002 p. 46), o objetivo do diagrama de Ishikawa é:

[...] alcançar a raiz dos problemas, mediante o detalhamento progressivo de suas causas. A ideia é de que, ao irmos às origens dos problemas , podemos configurar projetos que terão como objetivo anulá-las ou, pelo menos, atenuá-las.

De acordo com Marshall Junior *et al.* (2008 p.100), as causas para um determinado efeito, são agrupadas por categoria e semelhanças, que são estabelecidas, ou percebidas durante o processo de classificação. A principal vantagem na utilização desta ferramenta está na possibilidade de atuar de maneira específica e direcionada no detalhamento das possíveis causas do efeito ou problema em questão.

De acordo com Miguel (2006 p.140-141), as causas em um diagrama de Ishikawa devem ser divididas em seis categorias: mão de obra, máquina, método, matéria prima, medida e meio ambiente, conhecidos como “6M”. A Figura 17 representa o diagrama de Ishikawa com seus 6M.

Figura 17 – Diagrama de Ishikawa



Fonte: Ishikawa (1993) apud Lenzi; Kiesel; Zucco (2010, p. 180)

Para a elaboração do diagrama de Ishikawa primeiramente, deve-se identificar o problema ou efeito a ser estudado; em seguida escrever as possíveis causas; depois, agrupar as causas em 6M e por fim, analisar o diagrama, com a finalidade de identificar quais são as verdadeiras causas do problema.

Identificadas as perdas (efeitos) de um processo e suas causas, é possível propor melhorias para a eliminação das perdas encontradas, através de um plano de ação, utilizando o método 5W 2H, tema da próxima seção.

2.6 Método 5W 2H

De acordo com Peinado; Graeml (2007, p. 559), o método 5W 2H é definido como um *check list* utilizado para garantir que o projeto de melhorias seja conduzido sem nenhuma dúvida por parte da chefia ou dos subordinados, para isso, é essencial que as ações a serem realizadas e seus respectivos responsáveis estejam claramente definidos.

Ainda de acordo com Peinado; Graeml (2007, p. 559), o método recebeu o nome de 5W 2H em função das letras iniciais das perguntas, em inglês, que são utilizadas na realização do método. A utilização do método auxilia no esclarecimento das ações a serem tomadas, eliminando dúvidas que possam ser prejudiciais ao projeto de melhorias.

Segundo Marshall Junior *et al.* (2008, p.108-109), o método 5W 2H é um ferramenta bastante utilizada principalmente na elaboração de planos de ação através da definição de responsabilidades, métodos, prazos, objetivos e recursos associados.

Para Lisboa; Godoy (2012, p. 37), conforme demonstrado na Figura 18, o método consiste em elaborar um formulário de sete perguntas para cada ação do projeto de melhorias:

What?: em português significa *o que?*, questiona que ação deve ser realizada.

Where?: em português significa *onde?*, questiona onde a ação será realizada.

Why?: em português significa *por quê?*, questiona porque a ação é necessária.

Who?: em português significa *quem?*, questiona quem deve realizar a ação.

When?: em português significa *quando?*, questiona quando a ação será realizada.

How?: em português significa *como?*, questiona como será realizada a ação

Por fim, *How much?*: em português significa *quanto custa?*, questiona o custo de realização da ação.

Figura 18 – Formulário para o método 5W 2H

		Método dos 5W2H	
5W	<i>What</i>	O Que?	Que ação será executada?
	<i>Who</i>	Quem?	Quem irá executar/participar da ação?
	<i>Where</i>	Onde?	Onde será executada a ação?
	<i>When</i>	Quando?	Quando a ação será executada?
	<i>Why</i>	Por Quê?	Por que a ação será executada?
2H	<i>How</i>	Como?	Como será executada a ação?
	<i>How much</i>	Quanto custa?	Quanto custa para executa a ação?

Fonte: SEBRAE (2008) apud Lisboa; Godoy (2012, p.37)

Concluindo, utilizando o método 5W 2H é possível propor melhorias para a eliminação de perdas identificadas no caminho crítico do processo de DTM dos equipamentos de uma sonda. E para encontrar o caminho crítico de um processo, é necessária à elaboração de uma rede PERT/CPM.

3 METODOLOGIA

Para Lakatos; Marconi (2009, p.83) o método é:

[...] o conjunto das atividades sistemáticas e racionais que, com maior segurança e economia, permite alcançar o objetivo – conhecimentos válidos e verdadeiros -, traçando o caminho a ser seguido, detectando erros e auxiliando as decisões do cientista.

A metodologia demonstra os caminhos que serão seguidos para resolução do problema proposto na pesquisa, através da descrição das técnicas, dos procedimentos e instrumentos utilizados na coleta e análise de dados, da determinação do universo e da especificação das variáveis envolvidas na pesquisa.

3.1 Abordagem Metodológica

Segundo Gil (2010, p. 29) as pesquisas podem ser classificadas quanto ao método, de diversas maneiras. Dentre as diversas classificações está o estudo de caso, que é caracterizado pelo estudo intenso e detalhado de um determinado objeto, desta forma é possível conhecer amplamente o objeto de estudo.

Se tratando do estudo detalhado de um único processo realizado no local de trabalho, a pesquisa realizada é caracterizada como estudo de caso. O local de estudo em questão é a sonda de perfuração terrestre SC – 82 e o processo que será detalhadamente estudado é o processo de DTM da sonda entre locações de poços, no qual se deseja reduzir seu tempo de realização.

3.2 Caracterização da Pesquisa

Segundo Gil (2010, p.1) a pesquisa é definida como:

[...] o procedimento racional e sistemático que tem como objetivo proporcionar respostas aos problemas que são propostos. A pesquisa é requerida quando não se dispõe de informação suficiente para responder ao problema, ou então quando a informação disponível se encontra em tal estado de desordem que não possa ser adequadamente relacionada ao problema.

Para Ander-Egg (1978) apud Lakatos; Marconi (2009, p. 157), “A pesquisa é um procedimento reflexivo sistemático, controlado e crítico, que permite descobrir novos fatos ou dados, relações ou leis, em qualquer campo do conhecimento.”

De acordo com Gerhardt; Silveira (2009, p. 31-35), as pesquisas podem ser classificadas quanto aos objetivos, quanto aos meios e quanto à abordagem dos dados.

3.2.1 Quanto aos objetivos

Segundo Gil (1991) apud Kauark; Manhães; Medeiros (2010, p. 28), quanto aos objetivos da pesquisa esta pode ser classificada como: exploratória, descritiva e explicativa.

[...] pesquisa exploratória: pesquisa que objetiva a maior familiaridade com o problema, tornando-o explícito, ou à construção de hipóteses. Envolve levantamento bibliográfico; entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o problema pesquisado; análise de exemplos que estimulem a compreensão. Assume, em geral, as formas de Pesquisa Bibliográfica e Estudos de Caso.

Pesquisa descritiva: visa descrever características de determinada população ou fenômeno, ou o estabelecimento de relações entre variáveis. Envolve o uso de técnicas padronizadas de coleta de dados: questionário e observação sistemática. Assume, em geral, a forma de Levantamento.

Pesquisa explicativa: visa identificar os fatores que determinam ou contribuem para ocorrência dos fenômenos. Aprofunda o conhecimento porque explica a razão, o porquê das coisas. Quando realizada nas ciências naturais requer o uso do método experimental, e nas ciências sociais requer o uso do método observacional. Assume, em geral, as formas de Pesquisa Experimental e Pesquisa *Ex post facto*.

Quanto aos objetivos a pesquisa é classificada como descritiva, já que através da rede PERT/CPM construída é possível descrever de maneira precisa o processo em questão.

3.2.2 Quanto aos meios

Quanto aos meios, de acordo com Gil (2010, p. 29), as pesquisas podem ser classificadas como: bibliográfica, documental, experimental, pesquisa de campo,

pesquisa-ação e pesquisa participante.

Segundo Gil (2010, p. 29-31) as pesquisas bibliográficas são desenvolvidas baseadas em material já publicado, como livros, revistas, jornais, teses, dissertações e material disponibilizado na Internet.

A pesquisa documental também utiliza de material já publicado anteriormente, em contrapartida, a pesquisa não está limitada apenas a materiais publicados por outros autores, neste tipo de pesquisa toda forma de documentação pode ser utilizada no desenvolvimento da mesma.

Na pesquisa experimental é determinado um objeto de estudo e as variáveis capazes de exercer influência sobre o objeto, por fim, são realizados controles sobre a influência de cada variável. Neste tipo de pesquisa o pesquisador é agente ativo na pesquisa e não um mero observador.

De acordo com Gerhardt; Silveira (2009, p.37), a pesquisa de campo caracteriza-se pela coleta de dados junto ao objeto de estudo, no local de trabalho. Este fato não impede que outras fontes de dados como a bibliográfica, por exemplo, sejam utilizadas.

A pesquisa-ação é de acordo com Thiollent (1985) apud Gil (2010, p.42):

[...] um tipo de pesquisa com base empírica que é concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou ainda, com a resolução de um problema coletivo, onde todos os pesquisadores e participantes estão envolvidos de um modo cooperativo e participativo.

Ainda de acordo com Gil (2010, p. 43), na pesquisa participante há a interação entre pesquisadores e membros das situações investigadas, ou seja, neste tipo de caso a população não é considerada passiva, diferindo assim dos demais estudos citados.

Por fim, quanto aos meios, a pesquisa realizada neste trabalho é considerada uma pesquisa de campo, pois, todos os dados são coletados mediante presença no local de estudo, na sonda de perfuração SC – 82.

3.2.3 Quanto à abordagem dos dados

Segundo Kauark; Manhães; Medeiros (2010, p. 26-27), quanto à abordagem do problema as pesquisas podem ser: qualitativa, quantitativa e mista.

Qualitativa: pesquisa onde não é necessário o uso de métodos e técnicas

estatísticas. O ambiente natural é a fonte direta para coleta de dados, já o pesquisador, é o instrumento-chave na coleta dos dados. Possui caráter descritivo. Os dados normalmente são analisados indutivamente pelo pesquisador. O processo e seu significado são os focos principais de abordagem.

Quantitativa: pesquisa onde opiniões e informações são traduzidas em números, dessa forma é possível classificar as informações e analisá-las, utilizando de recursos e de técnicas estatísticas como: porcentagem, média, moda, mediana, desvio padrão, coeficiente de correlação, análise de regressão etc.

Mista: pesquisa onde há a combinação da pesquisa qualitativa e quantitativa.

A pesquisa realizada neste trabalho é classificada quanto à abordagem como quantitativa, pois, no seu desenvolvimento os dados coletados foram traduzidos em números que foram utilizados para construção de uma rede PERT/CPM, que por sua vez permitiram uma análise precisa do problema levantado, possibilitando assim a proposição de soluções.

3.3 Instrumentos da Pesquisa

Para realização da pesquisa é necessário lançar mão de técnicas ou instrumentos de pesquisa. Para Lakatos; Marconi (2009, p.176), “[...] técnica é um conjunto de preconceitos ou processos de que se serve uma ciência ou arte.”

Ainda segundo Lakatos; Marconi (2009, p.176-215), as técnicas de pesquisa estão divididas como: documentação indireta, documentação direta, observação direta intensiva e observação direta extensiva.

A documentação indireta consiste na obtenção de dados de diversas fontes, as fontes podem ser documentais ou bibliográficas. Já a documentação direta consiste na obtenção de dados no local de trabalho, neste caso as fontes de dados podem ser obtidas pela pesquisa em campo ou pesquisa em laboratório.

A observação direta intensiva pode ser realizada por meio das técnicas de observação e entrevista. A observação direta extensiva é realizada por meio de questionários e formulários. O questionário é uma serie ordenadas de perguntas que serão respondidas sem a presença de um entrevistador, já o formulário tem características bastante parecidas, porém, o preenchimento das perguntas é efetuado pelo entrevistador.

Neste trabalho foi utilizada a técnica de observação direta extensiva com a presença do autor da pesquisa no local de trabalho durante todo o período de coleta de dados, acompanhado dos supervisores da operação. Para sistematizar a coleta de dados foram estruturados quadros nos quais estão discriminados onde e como os dados devem ser preenchidos.

3.4 Unidade, Universo e Amostra da Pesquisa

A sonda de perfuração SC – 82 é a unidade de pesquisa deste trabalho, pois, de acordo com Acevedo; Nohara (2007 p.58), a unidade de pesquisa trata-se do local exato onde a investigação foi realizada.

Ainda de acordo com Acevedo; Nohara (2007 p. 58-59), universo ou população é o conjunto de elementos que possuem características comuns, as quais serão objetos do estudo. A amostra da pesquisa é um subconjunto de elementos do universo ou população convenientemente selecionados que servirão diretamente como objetos do estudo.

O universo ou população da pesquisa realizada neste trabalho são todos os processos de DTM realizados entre todas as locações dos poços perfurados pela SC – 82. Já a amostra da pesquisa é o processo de DTM realizado pela SC-82, entre as locações dos poços: 7-RO-765D-SE e 7-RO-768-SE, 7-RO-768-SE e 7-RO-769-SE, 7-SZ-598-SE e 7-SZ-611-SE, que representam o processo de DTM na situação inicial; e o DTM realizado entre as locações dos poços: 7-SZ-614D-SE e 7-SZ-615D-SE, 7-SZ-617-SE e 7-SZ-666D-SE, 7-SZ-668-SE e 3-IP-21D-SE, que representam o processo de DTM na situação final.

3.5 Definição de Variáveis e Indicadores da Pesquisa

Para Lakatos; Marconi (2009, p.139):

[...] uma variável pode ser considerada como uma classificação ou medida; uma quantidade que varia; um conceito operacional, que contém ou apresenta valores; aspecto, propriedade ou fator, discernível em um objeto de estudo e passível de mensuração. Os valores que são adicionados ao conceito operacional, para transformá-lo em variável, podem ser quantidades, qualidades, características, magnitudes, traços etc., que se alteram em cada caso particular e são totalmente abrangentes e mutuamente exclusivos.

De acordo com os objetivos específicos do trabalho, foram definidos: as variáveis e seus indicadores. As variáveis são: tempo de realização de cada uma das atividades do DTM, tempo de realização do DTM e perdas no DTM. Já os indicadores são: rede PERT do DTM, caminho crítico do DTM e diagrama de Ishikawa.

O Quadro 01, a seguir, expõe as variáveis e seus indicadores:

Quadro 01 – Variáveis e indicadores

Variáveis	Indicadores
Tempo de realização de cada atividade do DTM	Rede PERT/CPM do DTM Situação Inicial
Tempo de realização do DTM	Caminho crítico do DTM Situação Inicial
Perdas no DTM	Diagrama de Ishikawa
Tempo de realização de cada atividade do DTM da nova rede	Rede PERT/CPM do DTM Situação Final
Tempo de realização do DTM após a implantação da nova rede	Caminho crítico do DTM Situação Final
Diferença do tempo de realização do DTM antes e após a implantação da nova rede	Caminho crítico do DTM Situação Inicial
	Caminho crítico do DTM Situação. Final

Fonte: Autor da pesquisa, (2014)

3.6 Plano de Registro e de Análise dos Dados

Os dados utilizados na pesquisa foram coletados mediante observações feitas no local de realização do trabalho. A fim de organizar e sistematizar a coleta de dados, foram elaborados quadros de preenchimento pelo autor da pesquisa, auxiliado pelos supervisores da operação e pelo engenheiro responsável.

Inicialmente, foi necessário dividir a coleta de dados por atividade: desmontagem, transporte e montagem.

No Quadro 02, de coleta de dados da desmontagem, estão presentes locação do poço de origem e a locação do poço de destino de três processos de DTM, os processos no quadro estão nomeados genericamente pelas letras: A, B e C. A coluna denominada atividade foi preenchida com os nomes dos equipamentos

desmontados e o tempo de desmontagem dos equipamentos foi registrado nos três processos de DTM. Por fim foi preenchida a coluna de tempo médio, onde foi calculada a média aritmética do tempo de desmontagem de cada equipamento.

Quadro 02 – Coleta de dados da desmontagem

Desmontagem				
DTM A	De:	Para:		
DTM B	De:	Para:		
DTM C	De:	Para:		
Atividade	Tempo DTM A (h)	Tempo DTM B (h)	Tempo DTM C (h)	Tempo Médio (h)

Fonte: Autor da pesquisa, (2014)

O tempo total de cada atividade, nos três processos genéricos de DTM, foi representado em intervalos mínimos de uma casa decimal, e sua unidade de medida de tempo é hora. Já o tempo médio de realização de cada atividade, foi representado em intervalos mínimos de uma hora, pois, foi decidido pelo autor da pesquisa, os supervisores da operação e o engenheiro responsável, que esta seria a medida de tempo que melhor se adequaria à realidade do processo de DTM e as necessidades deste trabalho. Caso o tempo médio de realização de alguma atividade seja composto por fração de hora, este tempo deverá ser arredondado.

Quadro 03 – Coleta de dados da montagem

Montagem				
DTM A	De:	Para:		
DTM B	De:	Para:		
DTM C	De:	Para:		
Atividade	Tempo DTM A (h)	Tempo DTM B (h)	Tempo DTM C (h)	Tempo Médio (h)

Fonte: Autor da pesquisa, (2014)

O preenchimento do Quadro 03, de coleta de dados da montagem, é

similar ao da desmontagem. Porém, todas as informações nele contidas fazem referência à montagem dos equipamentos.

No quadro de coleta de dados do transporte, Quadro 04, foram preenchidos os seguintes dados: o poço de origem e o poço de destino de três processos de DTM, a distância entre as locações dos poços em cada um dos processos, e seus respectivos tempos de viagem. Foram calculadas também as médias aritméticas da distância e do tempo dos três processos de DTM.

A unidade medida das distâncias é quilômetro e a medida de tempo é hora. Assim como nos quadros anteriores, a distância e o tempo de transporte em cada um dos processos foram representados em intervalos mínimos de uma casa decimal. E a distância e o tempo médio foram representados por intervalos mínimos de uma unidade de medida, ou seja, caso necessário o valor médio da distância e o do tempo, será arredondado.

Quadro 04 – Coleta de dados do transporte

Transporte				
DTM A	De:	Para:		
DTM B	De:	Para:		
DTM C	De:	Para:		
-	DTM A	DTM B	DTM C	Média
Distância (km):				
Tempo (h):				

Fonte: Autor da pesquisa, (2014)

Quanto ao transporte, foi decidido pelo autor da pesquisa, os supervisores do transporte e o engenheiro responsável, que o tempo de movimentação de qualquer equipamento de uma locação para outra seria considerado o mesmo, já que as distâncias, os trajetos e os veículos utilizados são os mesmos. Pois, não existem diferenças significativas no tempo de transporte dos equipamentos que possuem a mesma origem e o mesmo destino. Sendo assim, os dados referentes ao transporte foram fornecidos diretamente pela equipe de transporte da empresa.

Foi elaborado e preenchido também, o quadro de dependências, Quadro 05, que informa a relação de dependência entre as atividades de desmontagem,

transporte e montagem de cada um dos equipamentos. Além de informar o tempo médio de realização de cada atividade, com o intuito de permitir a construção da rede PERT/CPM.

Quadro 05 – Dependências

Atividade	Dependências	Tempo Médio (h)	Atividade	Dependências	Tempo Médio (h)

Fonte: Autor da pesquisa, (2014)

O preenchimento do quadro de dependências foi realizado pelo autor da pesquisa, acompanhado pelo engenheiro responsável e pelos supervisores da operação, para garantir que os dados quanto às relações de dependência entre as atividades estejam devidamente preenchidos.

Inicialmente foram coletados os dados de desmontagem, transporte e montagem referentes à três processos de DTM na situação inicial encontrada, ou seja, antes da implantação de melhorias propostas neste trabalho, que foram nomeados como: DTM 1, 2 e 3.

Coletados os dados referentes à desmontagem, transporte e montagem dos processos de DTM na situação inicial, foi possível realizar a construção da rede PERT/CPM. A rede PERT/CPM permite identificar o caminho crítico do processo, por meio do qual é encontrado o tempo médio de realização do DTM na situação inicial.

Encontrado o caminho crítico do DTM, na situação inicial, foram identificadas as atividades consideradas como perdas, por meio de um *brainstorming*, envolvendo o autor deste trabalho, os supervisores da operação e o engenheiro responsável.

Identificadas as perdas, foi montado um quadro 5W 2H, novamente, com o auxílio dos supervisores da operação e com o engenheiro responsável, com propostas de melhorias para cada perda identificada. A partir do quadro foram elaboradas as sugestões para reduzir o tempo de realização do processo de DTM, na situação inicial.

As propostas de melhorias foram encaminhadas para aos gestores da empresa, para que fossem analisadas. As propostas acatadas foram implantadas em outros três processos de DTM, nomeados como: DTM 4, 5 e 6.

Foi realizada nova coleta de dados, referentes agora aos três processos DTM, na situação final, ou seja, depois da implantação de melhorias propostas neste trabalho, a partir da qual foi construída uma nova rede PERT/CPM. Com o desenvolvimento da rede PERT/CPM, foi identificado o caminho crítico, através do qual foi possível encontrar o tempo médio de realização do DTM na situação final. .

Conhecendo o tempo de realização do DTM na situação inicial, anterior à implantação das melhorias, e do DTM na situação final, posterior à implantação das melhorias, foi possível verificar a diferença entre o tempo de realização do DTM nas duas situações e assim constatar se houve ou não redução no tempo de realização no processo de DTM, além de quantificar a redução alcançada.

4 ANÁLISE DE RESULTADOS

Na análise de resultados estão expostos os resultados obtidos com a realização deste trabalho, de acordo com o determinado na metodologia, a fim de se atingir os objetivos específicos propostos anteriormente.

4.1 Construção da Rede PERT/CPM do DTM (Situação Inicial)

Para obter os dados necessários para construção da rede PERT/CPM do processo de desmontagem, transporte e montagem dos equipamentos da sonda SC-82, inicialmente, foram preenchidos os quadros de desmontagem, montagem e transporte, respectivamente.

Quadro 06 – Dados da desmontagem do DTM (situação inicial)

Desmontagem				
DTM 1	De: 7-RO-765D-SE	Para: 7-RO-768-SE		
DTM 2	De: 7-RO-768-SE	Para: 7-RO-769-SE		
DTM 3	De: 7-SZ-598-SE	Para: 7-SZ-611-SE		
Atividade	Tempo DTM 1 (h)	Tempo DTM 2 (h)	Tempo DTM 3 (h)	Tempo Médio (h)
Bop	3,3	3,6	3,3	3
Tanques cilindricos	2,2	2,3	2,3	2
Bombas de lama	4,2	4,4	4,0	4
Ferramentas para tubos	3,4	3,0	3,3	3
<i>Choke manifold</i>	1,3	1,4	1,3	1
Acionador de BOP	0,8	1,0	0,9	1
Caixas de tubos	1,4	1,2	1,5	1
<i>Mud cleaner</i>	1,3	1,5	1,1	1
Peneiras	1,4	1,5	1,4	1
Rampa	1,2	1,0	1,0	1

(Continua)

Geradores	1,0	1,4	1,1	1
Aguardando luz do dia	10,9	3,2	4,4	6
Tanques de lama	7,9	8,3	8,5	8
Telescópio	5,4	5,0	5,1	5
Mastro	7,0	6,9	6,9	7
Carro sonda	2,4	2,2	2,0	2
Bloco de coroamento	1,2	0,9	1,0	1
Subestrutura	3,0	3,2	2,9	3

Fonte: Autor da pesquisa, (2014).

No Quadro 06, anterior, está preenchido o tempo médio de desmontagem de dezessete equipamentos, além dos tempos de desmontagem dos equipamentos em cada um dos três processos de DTM, nomeados como: DTM 1, DTM 2 e DTM 3. O poço de origem e o poço de destino dos três processos também estão descritos no Quadro 06.

Como foi decidido na metodologia, o tempo médio de cada atividade está representado em intervalos mínimos de uma hora, já o tempo das atividades em cada uma dos três processos está representado no Quadro 06, com uma casa decimal.

A desmontagem dos equipamentos de uma sonda é realizada com o intuito de adequar as dimensões dos equipamentos aos caminhões que irão transportá-los. Dessa maneira, na sonda SC – 82, é necessário desmontar dezessete equipamentos para que estes se adequem as dimensões dos caminhões que irão efetuar o transporte da locação do poço antigo para a locação do novo poço a ser construído.

Há uma atividade no Quadro 06 que não está relacionada à desmontagem de nenhum equipamento. A atividade em questão foi nomeada como *aguardando luz do dia* e faz referência ao tempo de aguardo necessário para iniciar a desmontagem do telescópio. Esse tempo de aguardo é necessário sempre que a desmontagem do telescópio for iniciada no intervalo entre dezoito horas e seis horas do dia seguinte, ou seja, a desmontagem do telescópio não poderá ser iniciada à noite, sendo iniciada apenas às seis horas da manhã do dia seguinte. Daí, o motivo para nome da atividade: *aguardando luz do dia*. Sendo assim, o tempo desta

atividade é variável, podendo durar até doze horas. A justificativa para existência desse tempo de aguardo está no fato da desmontagem do telescópio ser considerada uma atividade de risco e conseqüentemente, deve ser iniciada ao dia, quando há melhor visibilidade do equipamento.

Quadro 07 – Dados da montagem do DTM (situação inicial)

Montagem				
DTM 1	De: 7-RO-765D-SE	Para: 7-RO-768-SE		
DTM 2	De: 7-RO-768-SE	Para: 7-RO-769-SE		
DTM 3	De: 7-SZ-598-SE	Para: 7-SZ-611-SE		
Atividade	Tempo DTM 1 (h)	Tempo DTM 2 (h)	Tempo DTM 3 (h)	Tempo Médio (h)
Tanques de lama	9,8	9,7	9,7	10
Peneiras	1,2	1,2	1,3	1
<i>Mud cleaner</i>	1,0	1,2	1,3	1
Bombas de lama	4,4	4,1	4,2	4
Tanques cilíndricos	2,1	2,4	2,2	2
Subestrutura	3,1	3,2	3,4	3
Bloco de coroamento	0,8	1,0	1,0	1
Carro sonda	2,2	2,3	2,4	2
Mastro	7,1	7,1	6,8	7
Geradores	1,3	1,2	1,2	1
Telescópio	5,1	4,9	5,1	5
Rampa	1,3	1,3	1,4	1
Caixas de tubos	1,4	1,3	1,6	1
Ferramentas para tubos	3,4	3,5	3,4	3

Fonte: Autor da pesquisa, (2014).

No Quadro 07, está preenchido o tempo médio de montagem de quatorze equipamentos, além dos tempos de montagem dos equipamentos no DTM 1,2 e 3. Assim como no Quadro 06, o poço de origem e o poço de destino dos três processos também estão descritos.

Existe um aspecto interessante que chama a atenção na comparação entre os quadros de desmontagem e montagem. Foram desmontados dezessete

equipamentos, no entanto, foram montados apenas quatorze. Ou seja, três equipamentos que foram desmontados não tornaram a ser montados. Isso ocorre, pois, os equipamentos: BOP, *choke manifold* e acionador de BOP; não necessitam ser montados no início da construção do poço, sendo assim, eles só tornam a ser montados no decorrer da construção do novo poço e seu tempo de montagem é considerado como parte do processo de construção do poço.

Quadro 08 – Dados de transporte do DTM (situação inicial)

Transporte				
DTM 1	De: 7-RO-765D-SE	Para: 7-RO-768-SE		
DTM 2	De: 7-RO-768-SE	Para: 7-RO-769-SE		
DTM 3	De: 7-SZ-598-SE	Para: 7-SZ-611-SE		
-	DTM 1	DTM 2	DTM 3	Média
Distância (km):	10	4	24	13
Tempo (h):	2	1	5	3

Fonte: Autor da pesquisa, (2014)

No Quadro 08, foram preenchidas as distâncias e os tempos de viagem entre as locações dos poços de origem e de destino de cada um os três processos de DTM, além de explicitar qual o poço de origem e o de destino dos três processos.

A distância entre a locação dos poços de origem e destino é constante e o tempo de realização do transporte de todos os equipamentos foi considerado o mesmo em cada um dos processos de DTM.

Quanto ao transporte, como citado na metodologia, foi decidido pelo autor da pesquisa, os supervisores do transporte e o engenheiro responsável, que o tempo de movimentação de qualquer equipamento de uma locação para outra foi considerado o mesmo, já que as distâncias, os trajetos e os veículos utilizados são os mesmos. Pois, não existem diferenças significativas no tempo de transporte dos equipamentos que possuem a mesma origem e o mesmo destino. Sendo assim, os dados referentes ao transporte foram fornecidos diretamente pela equipe de transporte da empresa.

É importante ressaltar que cada equipamento é transportado imediatamente após ser desmontado e também, que um equipamento pode ser transportado ao mesmo tempo que outro, ou não.

Mesmo com o tempo de realização das atividades de desmontagem, transporte e montagem de todos os equipamentos, demonstrados através dos quadros 06, 08 e 07, respectivamente, ainda não é possível montar a rede PERT/CPM do processo. Falta saber a relação de dependência entre essas atividades, para poder construir a rede PERT/CPM do processo de DTM na situação inicial.

Para facilitar a construção do quadro de dependências e da própria rede, os equipamentos foram nomeados de A a R, seguidos da letra D, quando fizer referência à desmontagem do equipamento; da letra T, quando fizer referência ao transporte do equipamento; e da letra M, quando fizer referência a montagem do equipamento. O Quadro 09 demonstra os equipamentos e suas nomenclaturas nas atividades de desmontagem, transporte e montagem.

Quadro 09 - Atividades e nomenclaturas

Equipamento	Letra	Desmontagem	Transporte	Montagem
Bop	A	AD	AT	AM
Tanques cilíndricos	B	BD	BT	BM
Bombas de lama	C	CD	CT	CM
Ferramentas para tubos	D	DD	DT	DM
<i>Choke manifold</i>	E	ED	ET	EM
Acionador de bop	F	FD	FT	FM
Caixas de tubos	G	GD	GT	GM
Rampa	H	HD	HT	HM
<i>Mud cleaner</i>	I	ID	IT	IM
Geradores	J	JD	JT	JM
Peneiras	L	LD	LT	LM
Tanques de lama	M	MD	MT	MM
Telescópio	N	ND	NT	NM
Mastro	O	OD	OT	OM
Carro sonda	P	PD	PT	PM
Bloco de coroamento	Q	QD	QT	QM
Subestrutura	R	RD	RT	RM

Fonte: Autor da pesquisa, (2014)

A atividade *aguardando luz do dia*, também foi nomeada, com a letra X, conforme demonstrado no Quadro 10, mas, como não faz referência à desmontagem, transporte ou montagem de nenhum equipamento, não é acompanhada

das letras, D, T e M.

Quadro 10 – Aguardando luz do dia e sua nomenclatura

Atividade	Letra
Aguardando luz do dia	X

Fonte: Autor da pesquisa, (2014)

As relações de dependência entre as atividades foram estabelecidas baseadas nos conhecimentos técnicos dos supervisores da operação e do engenheiro responsável, e mediante as observações feitas no local de realização deste trabalho pelo autor da pesquisa. No Quadro 11, a seguir, estão descritas as relações de dependência entre as atividades, além do tempo médio de realização de cada atividade na situação inicial.

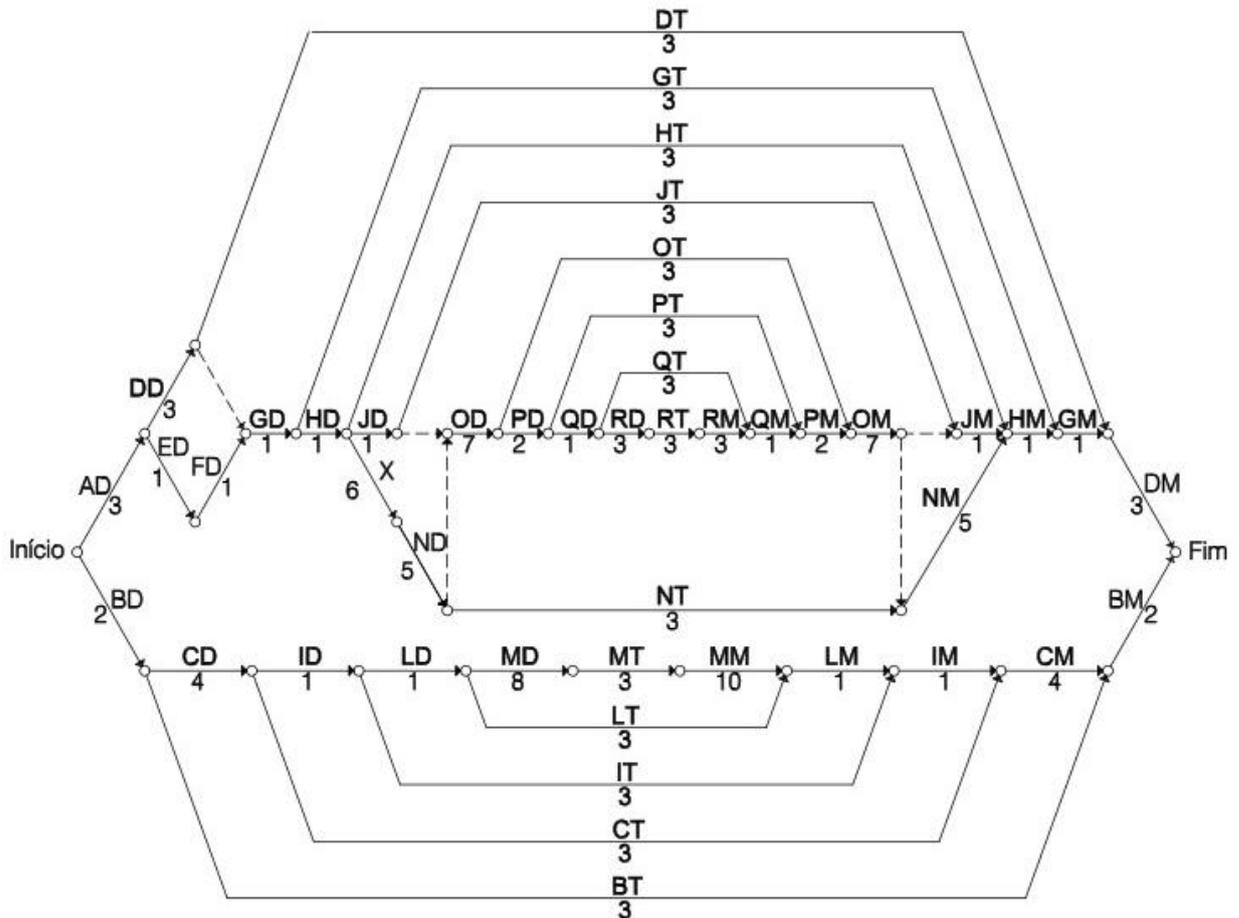
Quadro 11 – Dependências do DTM (situação inicial)

Atividade	Dependências	Tempo Médio (h)	Atividade	Dependências	Tempo Médio (h)
AD	-	3	JT	JD	3
BD	-	2	LT	LD	3
CD	BD	4	MT	MD	3
DD	AD	3	NT	ND	3
ED	AD	1	OT	OD	3
FD	ED	1	PT	PD	3
GD	DD, FD	1	QT	QD	3
HD	GD	1	RT	RD	3
ID	CD	1	BM	CM, BT	2
JD	HD	1	CM	IM, CT	4
LD	ID	1	DM	GM, DT	3
MD	LD	8	GM	HM, GT	1
ND	X	5	HM	JM, NM, HT	1
OD	JD, ND	7	IM	LM, IT	1
PD	OD	2	JM	OM, JT	1
QD	PD	1	LM	MM, LT	1
RD	QD	3	MM	MT	10
BT	BD	3	NM	OM, NT	5
CT	CD	3	OM	PM, OT	7
DT	DD	3	PM	QM, PT	2
GT	GD	3	QM	RM, QT	1
HT	HD	3	RM	RT	3
IT	ID	3	X	HD	6

Fonte: Autor da pesquisa, (2014)

Com as relações de dependências entre as atividades descritas e com o tempo médio de realização de cada atividade, foi construída a rede PERT/CPM do processo de DTM na situação inicial, representado abaixo pelo Gráfico 01.

Gráfico 01 – Rede PERT/CPM do processo de DTM (situação inicial)



Fonte: Autor da pesquisa, (2014)

Através da rede PERT/CPM do processo de DTM na situação inicial, é possível identificar o caminho crítico do processo, como será demonstrado na seção a seguir.

4.2 Determinação do Caminho Crítico do DTM (Situação Inicial)

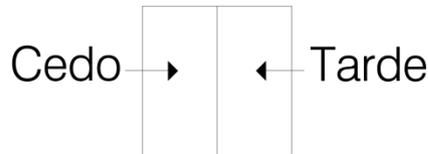
Construída a rede, é possível determinar o caminho crítico do processo de DTM na situação inicial, que é o caminho que contém a sequência mais longa de atividades.

Neste trabalho, foi escolhida a determinação do caminho crítico através do cálculo das folgas, pelo fato que a identificação do caminho crítico através das folgas é mais simples e menos repetitiva que através do tempo de realização de

todos os caminhos possíveis.

Na rede, cada nó será representado por um quadrado similar ao demonstrado na Figura 19, onde estão informados o cedo e o tarde do evento.

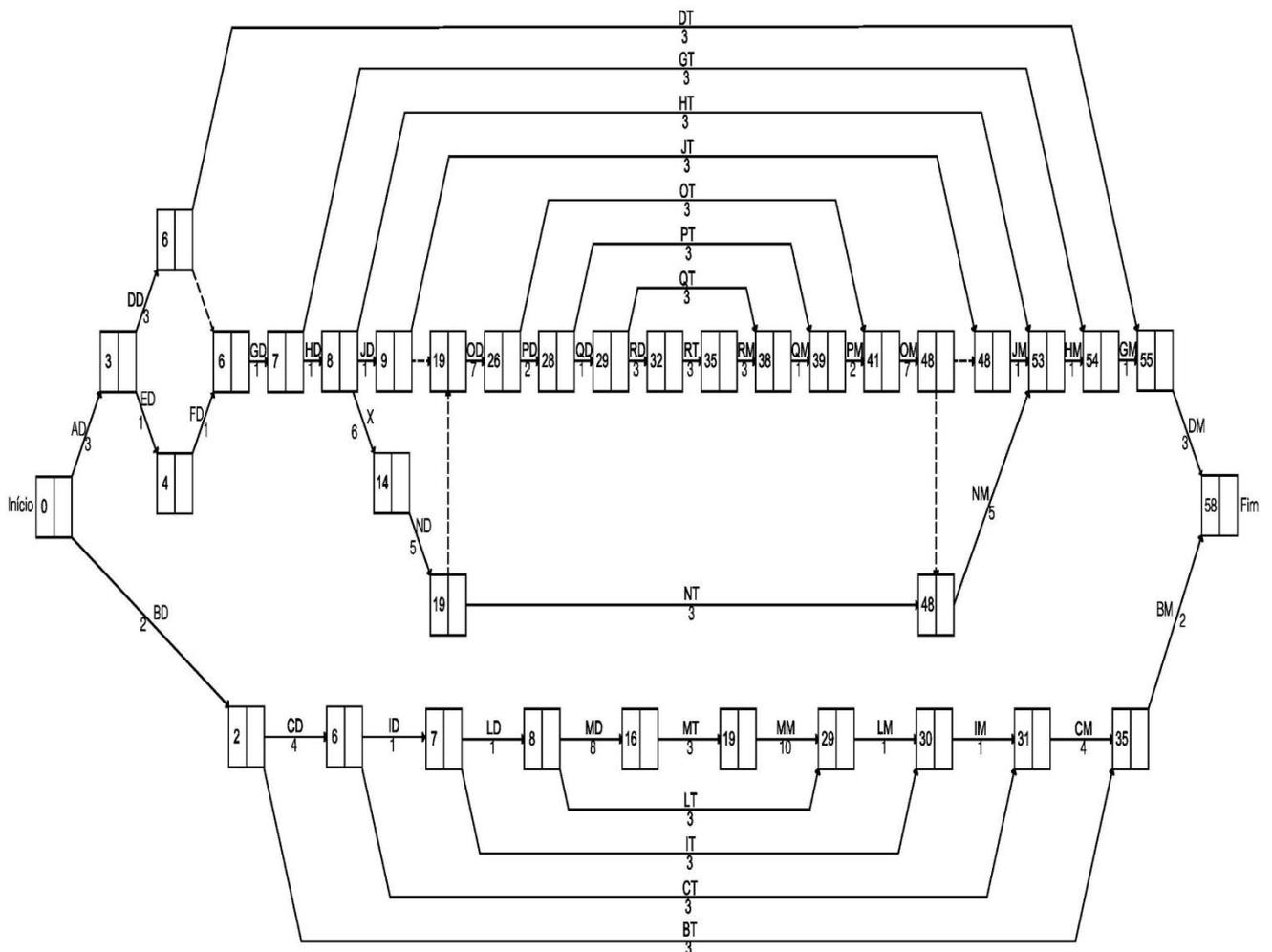
Figura 19 – Representação do nó



Fonte: Autor da pesquisa, (2014)

No Gráfico 02, foram calculados os cedos de todos os eventos. O evento inicial possui cedo igual a zero e os cedos dos eventos seguintes foram resultado da soma do cedo do evento anterior com a duração da atividade anterior. Caso algum evento possua mais de uma atividade anterior diretamente ligada a ele, o cedo considerado será o de maior valor.

Gráfico 02 – Cedos (situação inicial)

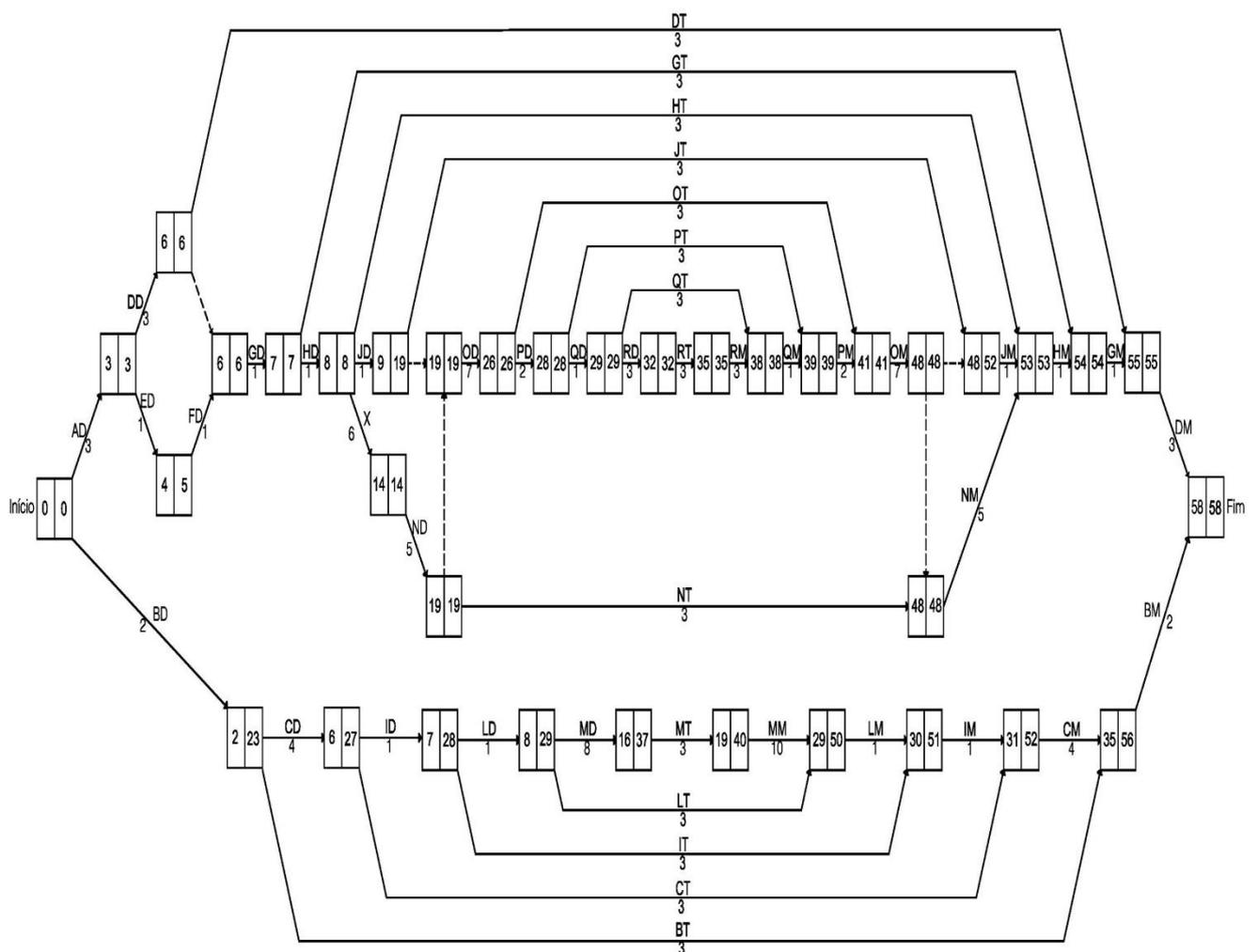


Fonte: Autor da pesquisa, (2014)

No evento final do Gráfico 02, encontra-se o valor do cedo deste evento igual a 58 horas. Tratando-se do evento final, o valor do tarde desse evento é igual ao valor do cedo, ou seja, 58 horas. Este valor representa também o tempo de duração do processo de DTM na situação inicial. Os tardes dos demais eventos são encontrados a partir do resultado do tarde do evento posterior subtraído da duração da atividade posterior. No caso de algum evento possuir mais de uma atividade posterior diretamente ligada a ele, o valor do tarde considerado será o de menor valor.

No Gráfico 03, estão representados os valores dos tardes de todos os eventos do DTM na situação inicial, além dos valores dos cedos representados anteriormente no Gráfico 02.

Gráfico 03 – Tardes (situação inicial)



Fonte: Autor da pesquisa, (2014)

Após encontrar os valores dos cedos e tardes de todos os eventos, foi possível calcular o tempo disponível e as folgas de cada uma das atividades

componente do processo de DTM na situação inicial, conforme está representado a seguir no Quadro 12.

Quadro 12 – Folgas (situação inicial)

Atividade	Duração	TD	FT	FL	FD	FI
AD	3	3	0	0	0	0
DD	3	3	0	0	0	0
GD	1	1	0	0	0	0
HD	1	1	0	0	0	0
X	6	6	0	0	0	0
ND	5	5	0	0	0	0
OD	7	7	0	0	0	0
PD	2	2	0	0	0	0
QD	1	1	0	0	0	0
RD	3	3	0	0	0	0
RT	3	3	0	0	0	0
RM	3	3	0	0	0	0
QM	1	1	0	0	0	0
PM	2	2	0	0	0	0
OM	7	7	0	0	0	0
NM	5	5	0	0	0	0
HM	1	1	0	0	0	0
GM	1	1	0	0	0	0
DM	3	3	0	0	0	0
ED	1	2	1	0	1	0
FD	1	2	1	1	0	0
JD	1	11	10	0	10	0
JM	1	5	4	4	0	0
DT	3	49	46	46	46	46
GT	3	47	44	44	44	44
HT	3	45	42	42	42	42
JT	3	43	40	36	30	26
OT	3	15	12	12	12	12
PT	3	11	8	8	8	8
QT	3	9	6	6	6	6
NT	3	29	26	26	26	26
BD	2	23	21	0	21	0
CD	4	25	21	0	0	0
ID	1	22	21	0	0	0

(Continua)

LD	1	22	21	0	0	0
MD	8	29	21	0	0	0
MT	3	24	21	0	0	0
MM	10	31	21	0	0	0
LM	1	22	21	0	0	0
IM	1	22	21	0	0	0
CM	4	25	21	0	0	0
BM	2	23	21	21	0	0
LT	3	42	39	18	18	0
IT	3	44	41	20	20	0
CT	3	46	43	22	22	1
BT	3	54	51	30	30	9

Fonte: Autor da pesquisa, (2014)

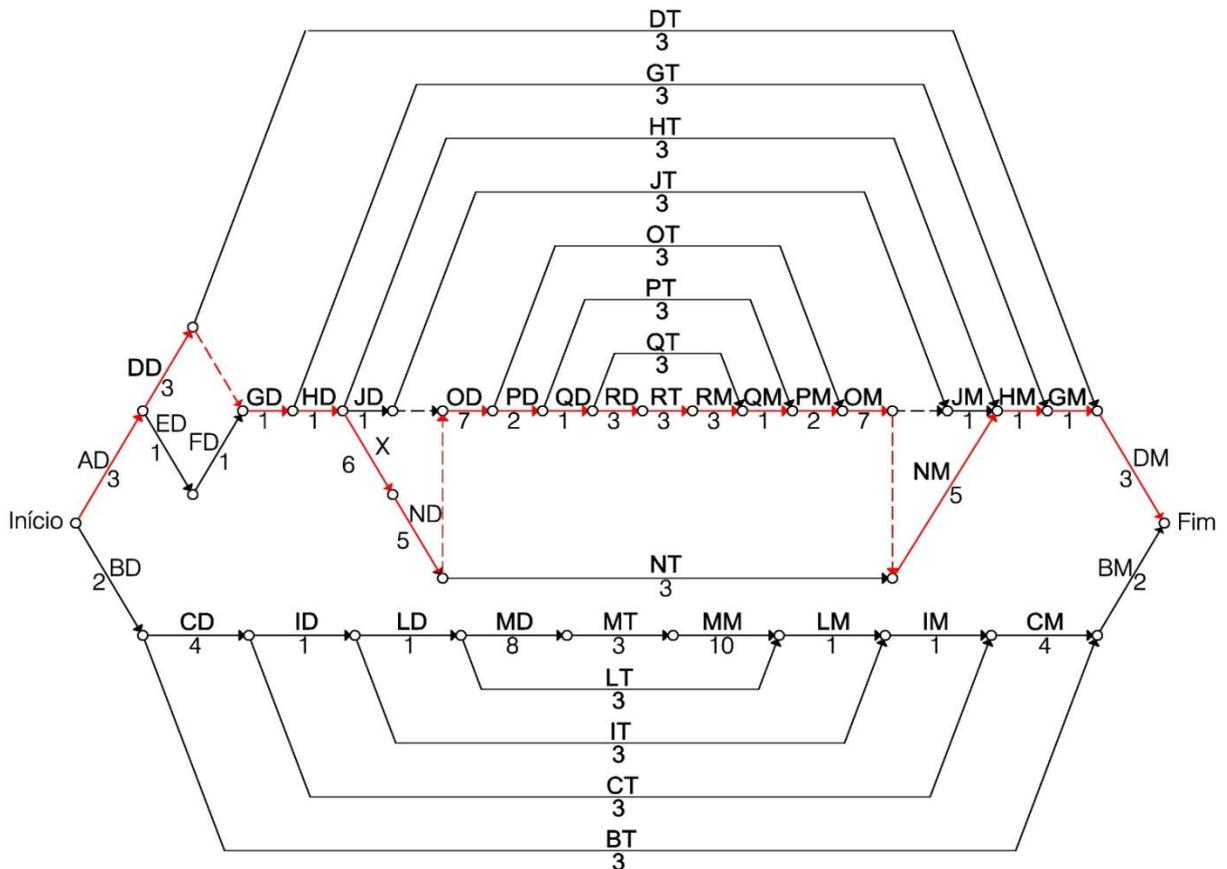
No Quadro 12, as siglas TD, FT, FL, FD e FI, significam respectivamente: tempo disponível, folga total, folga livre, folga dependente e folga independente. O tempo disponível foi calculado através da subtração do tarde evento final pelo cedo do evento inicial de cada atividade, encontrado o tempo disponível, é possível calcular a folga total a partir da subtração do tempo disponível pela duração da atividade. A folga livre é o resultado da subtração do cedo do evento final pelo cedo do evento inicial e pela duração da atividade, enquanto a folga dependente encontrada subtraindo o tarde do evento final pelo tarde do evento inicial e pela duração da atividade. Por fim, a folga independente foi calculada através da subtração do cedo do evento final pelo tarde do evento inicial e pela duração da atividade.

Através do Quadro 12, é possível perceber que algumas atividades do processo de DTM na situação inicial possuem todas as folgas iguais a zero. Dessa maneira, as atividades: AD, DD, GD, HD, X, ND, OD, PD, QD, RD, RT, RM, QM, PM, OM, NM, HM, GM e DM, destacadas em vermelho no Quadro 12, são consideradas atividades críticas, ou seja, atividades em que caso venha a ocorrer algum atraso em sua realização, implicará necessariamente no atraso de todo o processo. Como o caminho crítico de um processo é o caminho composto pelas atividades críticas, pode-se afirmar que o caminho crítico do DTM na situação inicial é o caminho formado por essas atividades.

Na rede do processo de DTM na situação inicial que está representada pelo Gráfico 04, o caminho crítico do processo está demonstrado pela sequência de atividades críticas, citadas anteriormente, que estão destacadas por setas

vermelhas.

Gráfico 04 – Caminho crítico do processo do DTM (situação inicial)



Fonte: Autor da pesquisa, (2014)

O caminho crítico é quem determina a duração mínima do processo. Sendo assim, para que seja possível diminuir tempo de realização do processo de DTM na situação inicial, é necessário diminuir o tempo de realização do seu caminho crítico. Nesse sentido, como será demonstrado na próxima seção, é necessário identificar as perdas no caminho crítico do processo do DTM na situação inicial, para poder reduzir o tempo de realização do processo.

4.3 Identificação de Perdas

Qualquer atividade que não agregue valor é identificada como perda. Para identificar quais as atividades do caminho crítico do processo de DTM na situação inicial, que podem ser classificadas como perdas, foram analisadas separadamente as atividades de desmontagem, montagem e transporte.

No processo de identificação das perdas foi realizado um *brainstorming* envolvendo os supervisores da operação, o engenheiro responsável e o autor da

pesquisa. As causas e os efeitos (perdas) identificados no *brainstorming* realizado foram representados, graficamente, através de diagramas de Ishikawa.

Por meio do *brainstorming* foram encontrados quatro aspectos a serem analisados para identificar quais as atividades do caminho crítico que podem consideradas como perdas:

O primeiro aspecto visa verificar se há alguma atividade de aguardo no caminho crítico do processo, pois, a atividade de aguardo não agrega valor ao processo e, conseqüentemente, é considerada como perda.

O segundo aspecto é verificar as dimensões dos equipamentos que são desmontados no caminho crítico do processo de DTM na situação inicial, para verificar se realmente o equipamento necessita ser desmontado para se adequar as dimensões do caminhão que realiza o transporte do mesmo. Caso seja verificado que não é necessário desmontar algum equipamento para que este seja transportado, a desmontagem e a montagem desse equipamento serão consideradas como perdas, desde que a permanência desse equipamento montado não prejudique a realização de outras atividades.

O terceiro aspecto visa verificar se algum equipamento desmontado no caminho crítico do processo não torna a ser montado durante a realização do DTM, pois, neste caso, o equipamento não necessitará ser desmontado durante o DTM e poderá ser desmontado, paralelamente à construção do poço. Desta forma a desmontagem desse equipamento será considerada como uma perda, desde que a permanência desse equipamento montado não prejudique a realização de outras atividades.

Por fim, o quarto aspecto é verificar se no caminho crítico do processo de DTM na situação inicial, alguma atividade realizada na sequência de outra atividade, em série, poderia ser realizada ao mesmo tempo, paralelamente, pois, o tempo de realização do caminho crítico do processo seria reduzido. Sendo assim, a atividade que poderia ser realizada paralelamente a outra, é considerada como perda, pois, consome um intervalo de tempo desnecessário, que poderia ser utilizado na realização de outras atividades.

4.3.1 Identificação de perdas na desmontagem

Na desmontagem, foram aplicadas para cada uma das atividades do

caminho crítico do processo de DTM na situação inicial, quatro questões para atender a cada um dos quatro aspectos citados anteriormente, conforme demonstrado a seguir:

Questão 1: A atividade em questão é considerada uma atividade de aguardo?

Questão 2: As dimensões do equipamento em questão, caso este permaneça montado, não impossibilitam o transporte do mesmo?

Questão 3: O equipamento desmontado, nesta atividade, não torna a ser montado novamente, no processo de DTM?

Questão 4: A atividade em questão pode ser realizada paralelamente a outra atividade?

As respostas possíveis para cada uma das questões são: sim e não.

Todas as atividades que obtiverem sim como resposta para pelo menos uma das questões acima será imediatamente identificada como perda. Exceto para as questões 2 e 3, nas quais mesmo obtendo sim como resposta, deverá ser verificado se o fato do equipamento em questão permanecer montado, não prejudicará a realização de outras atividades.

O Quadro 13 demonstra as atividades de desmontagem e as suas respectivas respostas para as questões elaboradas, demonstra também se as atividades são consideradas como perda ou não.

Quadro 13 – Questões da desmontagem

Atividade	Questão 1	Questão 2	Questão 3	Questão 4	Perda?
AD	Não	Não	Sim	Não	Sim
DD	Não	Não	Não	Não	Não
GD	Não	Não	Não	Não	Não
HD	Não	Não	Não	Não	Não
ND	Não	Não	Não	Não	Não
OD	Não	Não	Não	Não	Não
PD	Não	Não	Não	Sim	Sim
QD	Não	Sim	Não	Não	Sim
RD	Não	Não	Não	Sim	Sim
X	Sim	Não	Não	Não	Sim

Fonte: Autor da pesquisa, (2014)

Na desmontagem dos equipamentos foram identificadas imediatamente

três atividades como perda: a desmontagem do carro sonda (PD), a desmontagem da subestrutura (RD) e a atividade aguardando luz do dia (X). Conforme destacado em vermelho no Quadro 13.

A desmontagem do BOP (AD) e a desmontagem do bloco de coroamento (QD) podem ser consideradas como perdas, mas, para isso, foi analisado se a permanência desses equipamentos montados, não prejudica a realização de outras atividades. De acordo com os supervisores da operação e com o engenheiro responsável, a permanência do BOP e do bloco de coroamento montados não prejudicam a realização de outras atividades. Sendo assim, as atividades: desmontagem do BOP (AD) e desmontagem do bloco de coroamento (QD), também são consideradas como perda e também estão destacadas em vermelho no Quadro 13.

Cada uma das cinco atividades identificadas como perdas, na desmontagem, possui motivos para ser considerada dessa forma.

A desmontagem do BOP é uma atividade desnecessária para o processo, pois é um equipamento que não necessita ser montado durante o DTM e o fato de não desmontá-lo não impede que os outros equipamentos possam ser desmontados. Durante o início da construção do novo poço, após o término do DTM, ele pode ser desmontado na locação do poço de origem. A desmontagem do BOP após o DTM, não acarretará em novos custos para o processo, pois, para realização da desmontagem serão utilizados recursos que ficam em constante disposição na sonda SC-82, durante a construção do poço, mas que passam grande parte do tempo ociosos, estando a disposição apenas por precaução, caso venha a surgir alguma necessidade. A Figura 20 mostra o BOP montado antes do início do DTM.

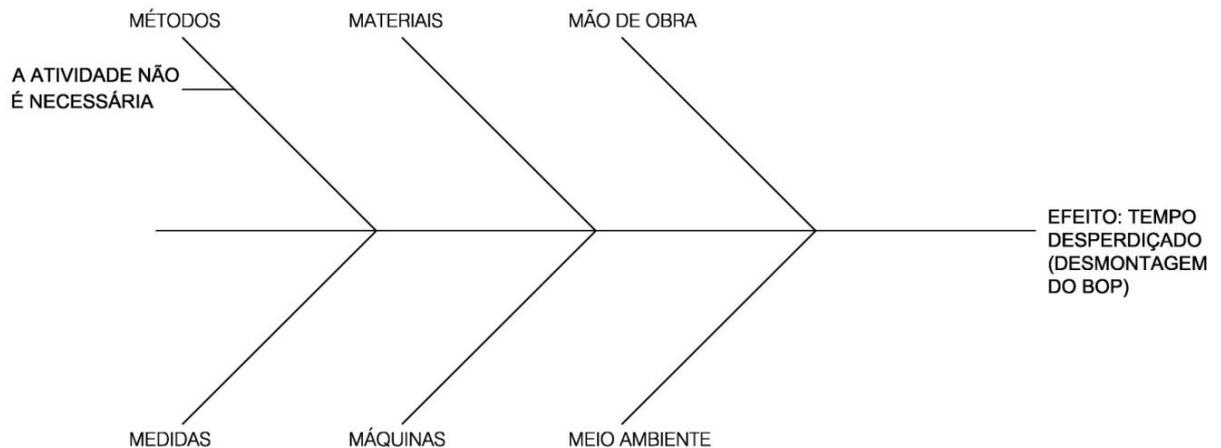
Figura 20 – BOP montado



Fonte: Autor da pesquisa, (2014)

O Gráfico 05 representa o diagrama de causa e efeito referente a desmontagem do BOP. No gráfico o efeito é o tempo desperdiçado e a causa é a realização de uma atividade desnecessária, no caso, a desmontagem do BOP.

Gráfico 05 – Diagrama desmontagem do BOP

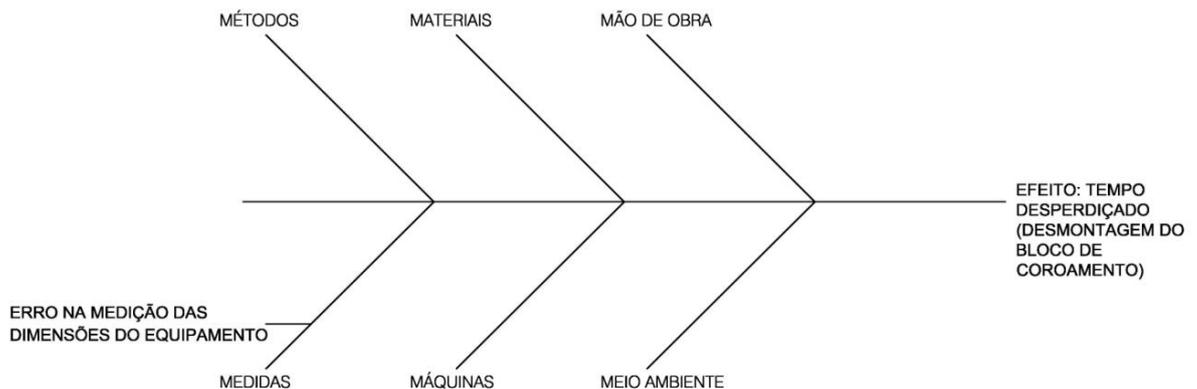


Fonte: Autor da pesquisa, (2014)

A desmontagem do bloco de coroamento (QD) é realizada sobre o argumento que este equipamento transportado montado causa excesso de carga no sentido vertical. Porém, foram medidas as dimensões do equipamento e verificado que o equipamento não causa excesso de carga em nenhum sentido, conseqüentemente, o mesmo não necessita ser desmontado e poderá ser transportado montado e acoplado ao carro sonda.

O Gráfico 06 representa o diagrama de causa e efeito referente à desmontagem do bloco de coroamento. No gráfico o efeito é o tempo desperdiçado e a causa é o erro na medição das dimensões do equipamento, no caso, o bloco de coroamento.

Gráfico 06 – Diagrama desmontagem do bloco de coroamento

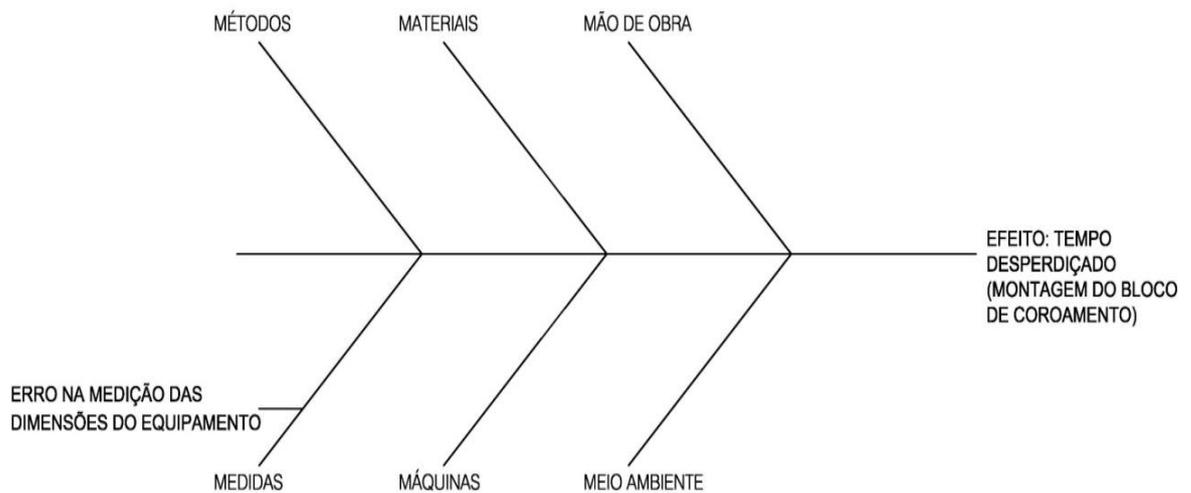


Fonte: Autor da pesquisa, (2014)

Se não houver a desmontagem do bloco de coroamento, não será necessário realizar sua montagem, conseqüentemente a montagem do bloco de coroamento (QM), também será uma atividade desnecessária e considerada como perda.

O Gráfico 07 representa o diagrama de causa e efeito referente à montagem do bloco de coroamento.

Gráfico 07 – Diagrama montagem do bloco de coroamento

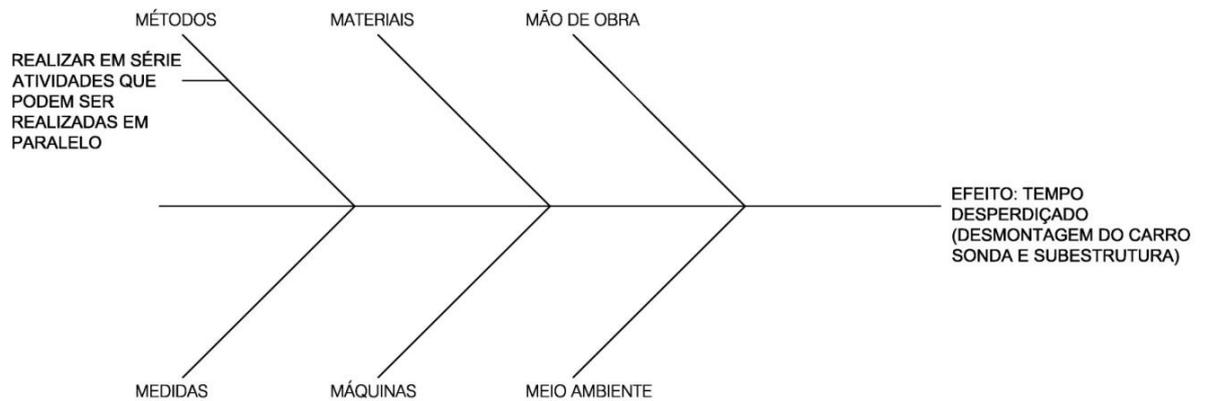


Fonte: Autor da pesquisa, (2014)

A desmontagem do carro sonda (PD) é realizada em série com a desmontagem da subestrutura (RD), sobre o argumento de que caso as duas atividades ocorram paralelamente, ou seja, ao mesmo tempo, existe o risco de colisão entre as lanças dos guindastes utilizados na desmontagem de cada uma das atividades. No entanto, a partir da análise dos supervisores da operação e do engenheiro responsável, foi verificado que há uma maneira de posicionar os guindastes de forma que as lanças destes não corram o risco de colisão. Sendo assim, é possível realizar a desmontagem do carro sonda paralelamente à desmontagem da subestrutura, configurando a realização das duas atividades em série como perda.

No Gráfico 08 está representado o diagrama de causa e efeito referente a desmontagem do carro sonda e da subestrutura. Neste diagrama o efeito é, novamente, o tempo desperdiçado e a causa do desperdício de tempo é a realização de duas atividades em série, quando poderiam ser realizadas ao mesmo tempo, em paralelo. No caso, as atividades de desmontagem do carro sonda e da subestrutura.

Gráfico 08 – Diagrama desmontagem do carro sonda e subestrutura



Fonte: Autor da pesquisa, (2014)

A atividade aguardando luz do dia, não faz referência à desmontagem de nenhum equipamento, porém, foi introduzida no quadro de questões da desmontagem, pois, esta atividade faz parte do caminho crítico do processo.

Quanto à atividade *aguardando luz do dia* (X), o próprio nome já indica que ela pode ser considerada uma perda e é desnecessária para o processo de DTM. A atividade é realizada baseada no critério segurança, pois, a operação seguinte, desmontagem do telescópio (ND), é considerada uma atividade de alto risco e por esse motivo deve ser iniciada à luz do dia, quando há uma melhor visibilidade para a execução da atividade. Mas, analisando o histórico de incidentes e acidentes envolvendo a desmontagem do telescópio, não há nenhum relato envolvendo baixa visibilidade, todos os relatos existentes são referentes à quebra de equipamentos. Além disso, é possível melhorar a visibilidade à noite utilizando mais refletores direcionados para o telescópio durante a sua desmontagem. A Figura 21 mostra o telescópio em desmontagem ao dia.

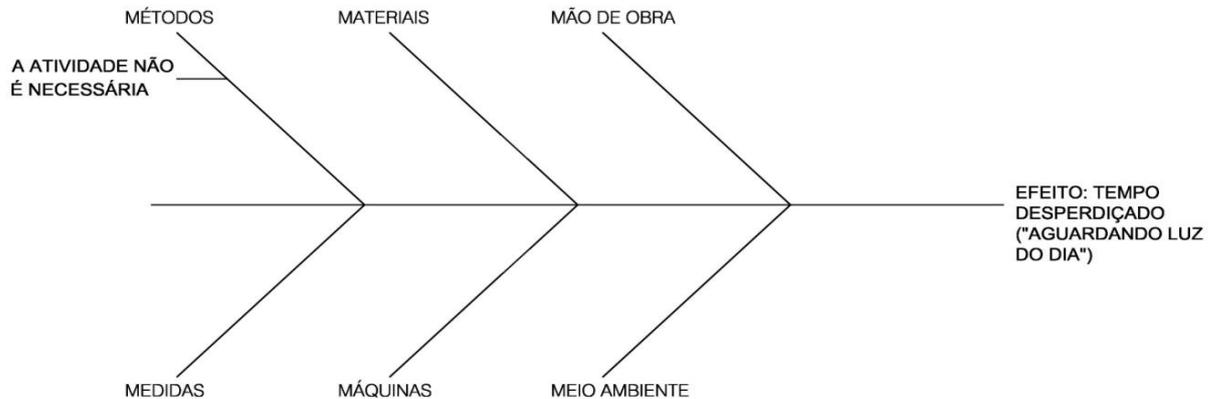
Figura 21 – Telescópio em desmontagem



Fonte: Autor da pesquisa, (2014)

O Gráfico 09 representa o diagrama de causa e efeito referente a atividade aguardando luz do dia.

Gráfico 09 – Diagrama *aguardando luz do dia*



Fonte: Autor da pesquisa, (2014)

4.3.2 Identificação de perdas na montagem

Na identificação das atividades de montagem, consideradas como perdas, foram aplicadas apenas as questões 1 e 4 para cada atividade de montagem do caminho crítico do processo de DTM na situação inicial. Já que as questões 2 e 3 fazem referência à necessidade de se desmontar um equipamento.

Na construção do Quadro 14, que contém as questões da montagem, foi excluída a atividade de montagem do bloco de coroamento (QM), pois, conforme visto anteriormente, esta atividade já foi identificada como perda, sendo assim não será necessária a aplicação do questionário para esta atividade.

Quadro 14 – Questões da montagem

Atividade	Questão 1	Questão 4	Perda?
RM	Não	Sim	Sim
PM	Não	Sim	Sim
OM	Não	Não	Não
NM	Não	Não	Não
HM	Não	Não	Não
GM	Não	Não	Não
DM	Não	Não	Não

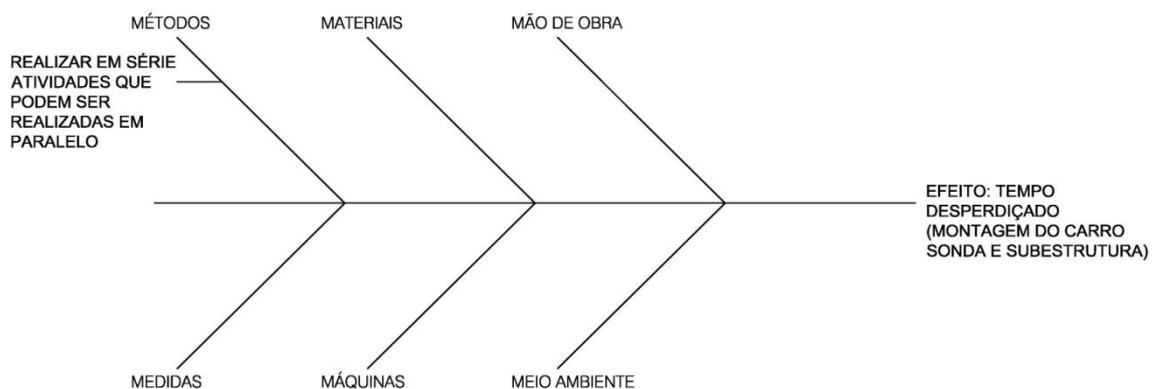
Fonte: Autor da pesquisa, (2014)

Nas atividades de montagem dos equipamentos, além da montagem do bloco de coroamento (QM), apenas as atividades de montagem do carro sonda (PM) e de montagem da subestrutura (RM) foram identificadas como perda.

De maneira similar ao ocorrido na desmontagem, as montagens da subestrutura e do carro sonda são realizadas em série, também, sobre o argumento que existe risco de colisão entre as lanças dos guindastes utilizados na montagem de cada uma das atividades. E novamente, a partir da análise dos supervisores da operação e do engenheiro responsável foi constatado que existe como posicionar os guindastes de uma forma que não haja risco de colisão das lanças dos mesmos. Desta maneira, as montagens da subestrutura e do carro sonda podem ser realizadas paralelamente.

O Gráfico 10 representa o diagrama de causa e efeito referente a montagem do carro sonda e da subestrutura

Gráfico 10 – Diagrama montagem do carro sonda e subestrutura



Fonte: Autor da pesquisa, (2014)

4.3.3 Identificação de perdas no transporte

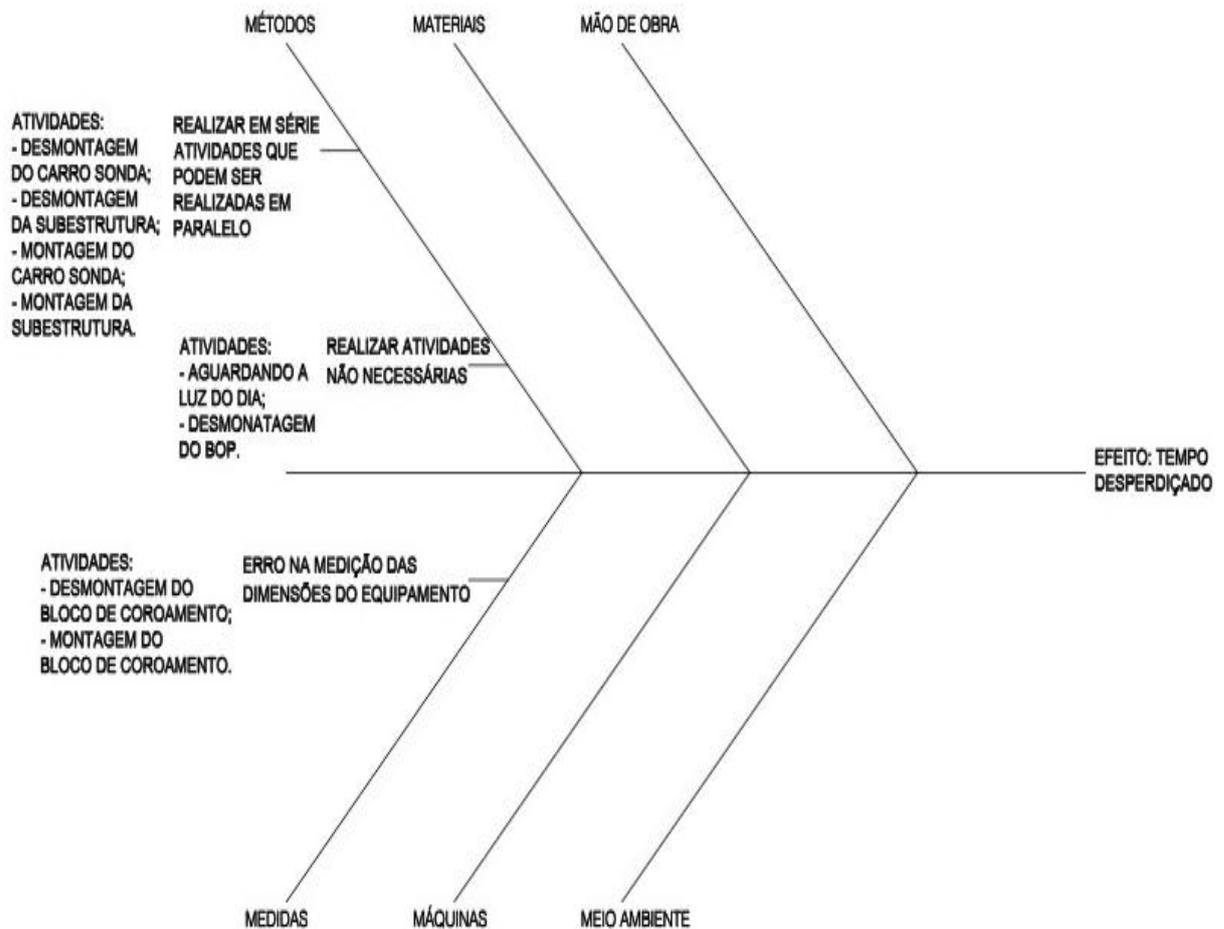
No caminho crítico do processo de DTM na situação inicial, existe apenas uma atividade de transporte. Essa atividade faz referência ao transporte da subestrutura, que é, no caminho crítico, o último equipamento a ser desmontado e o primeiro a ser montado.

A atividade de transporte da subestrutura (RT), não pode ser identificada como perda, pois, a sua realização é a ligação entre as atividades de desmontagem e montagem dentro do caminho crítico. Por este motivo, essa atividade é fundamental para o processo de DTM.

Todas as perdas identificadas no processo de DTM na situação inicial podem ser classificadas como: perdas por fluxo irregular, que acontecem devido à existência de tempo de espera, ocorrido na atividade *aguardando luz do dia*; e de ineficiências no processo, ocorridas na realização de atividades desnecessárias.

Nos diagramas de Ishikawa elaborados para cada uma das perdas identificadas tem-se o mesmo efeito em todos os diagramas: o tempo desperdiçado. Dessa maneira, é possível elaborar um único diagrama que contenha todas as causas de desperdício de tempo no processo de DTM na situação inicial e que represente as atividades que estão relacionadas a cada uma das causas de desperdício de tempo. O Gráfico 11 apresenta todas as causas de desperdício de tempo e representa o diagrama causa e efeito de todo o processo de DTM na situação inicial.

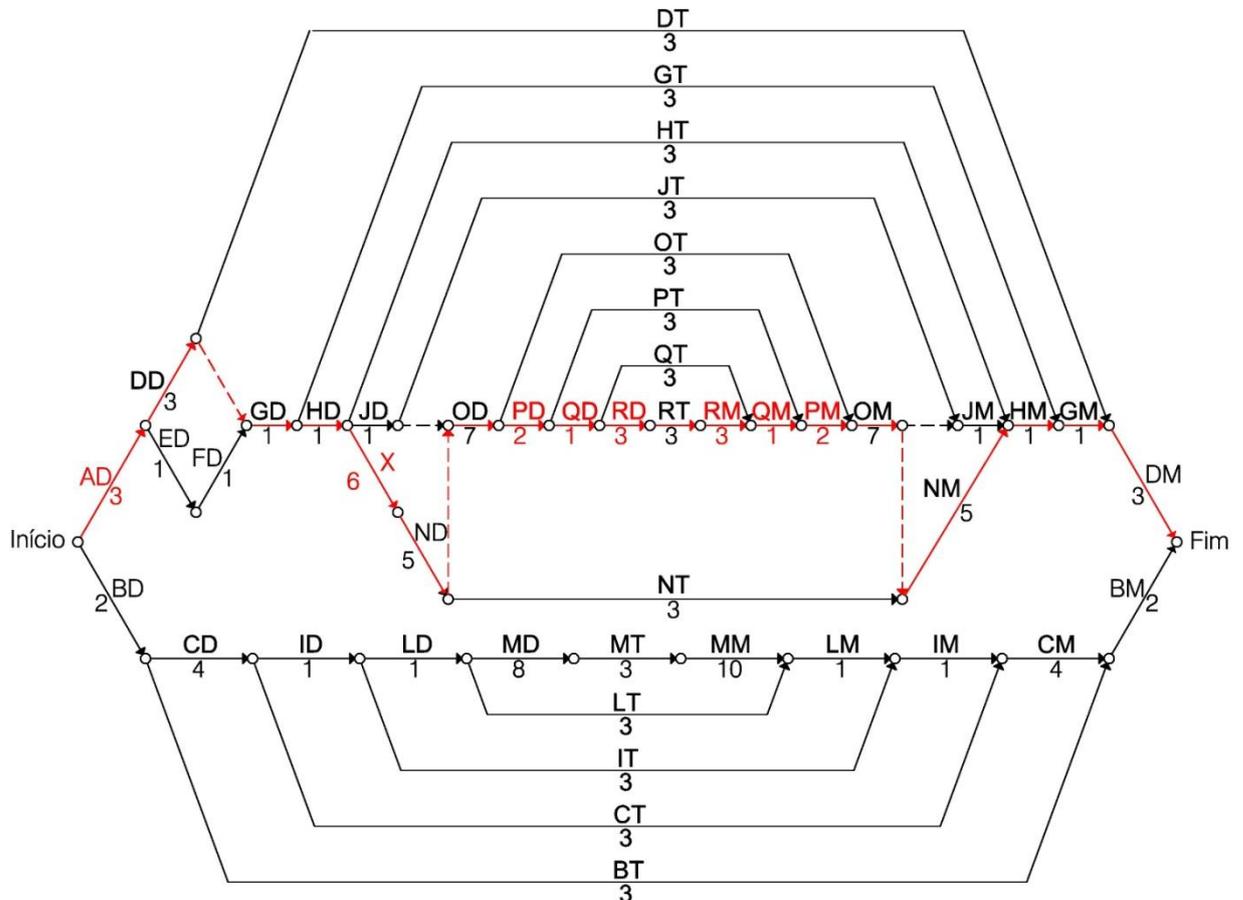
Gráfico 11 – Diagrama DTM (situação inicial)



Fonte: Autor da pesquisa, (2014)

Segue na sequência o Gráfico 12, destacando em vermelho, na rede, as atividades que foram identificadas como perda.

Gráfico 12 – Rede PERT/CPM e perdas



Fonte: Autor da pesquisa, (2014)

Em resumo, foram identificadas oito atividades consideradas como perdas no processo de DTM na situação inicial: desmontagem do BOP, aguardando luz do dia, desmontagem do bloco de coroamento, montagem do bloco de coroamento, desmontagem da subestrutura, montagem da subestrutura, desmontagem do carro sonda e montagem do carro sonda. Porém, a desmontagem do carro sonda e a desmontagem da subestrutura podem ser consideradas como apenas uma perda, já que as duas atividades fazem referência ao mesmo problema: o fato que essas atividades são realizadas em série quando poderiam ser realizadas paralelamente. Pelo mesmo motivo, as montagens do carro sonda e da subestrutura também podem ser consideradas como apenas uma perda.

A partir da construção da rede PERT/CPM do processo de DTM na situação inicial, foi possível calcular o caminho crítico do processo, o qual define o tempo mínimo de realização do processo. Conhecendo o caminho crítico do processo, foi realizado um *brainstorming* e identificadas as perdas no seu caminho crítico, perdas essas que foram representadas a partir de diagramas de Ishikawa.

Conhecendo as perdas no caminho crítico do processo de DTM na situação inicial foi possível propor soluções que eliminem as perdas, reduzindo assim o tempo mínimo de realização de DTM, como será visto a seguir.

4.4 Sugestão de uma Nova Rede PERT/CPM

Para sugerir uma nova rede PERT/CPM do processo de DTM, é necessário primeiramente propor melhorias para combater as perdas encontradas na antiga rede.

4.4.1 Sugestões de melhorias apresentadas

Identificadas as perdas no processo do DTM na situação inicial, foram propostas medidas para melhoria do processo utilizando o método 5 W 2 H. Segue abaixo o Quadro 15, que demonstra as seis perdas identificadas e as medidas a serem tomadas para cada uma delas, considerando as montagens do carro sonda e da subestrutura como apenas uma perda, assim como, a desmontagem dos mesmos.

Quadro 15 – Perdas e medidas

Perdas	What?	Why?	How?	Where?	Who?
Desmontagem do Bop	Não realizar a atividade durante o DTM	A atividade não é necessária para o processo	Passando para as atividades seguintes	Sonda SC-82	Equipe de operação
Aguardando luz do dia	Proporcionar melhor visibilidade do telescópio à noite	Para poder desmontar o telescópio à noite com segurança	Instalando mais refletores direcionados para o telescópio	Sonda SC-82	Equipe de operação
	Não realizar a atividade durante o DTM	A atividade não é necessária para o processo	Realizando a desmontagem do telescópio à noite	Sonda SC-82	Equipe de operação
Desmontagem do bloco de coroamento	Não realizar a atividade durante o DTM	A atividade não é necessária para o processo	Passando para as atividades seguintes	Sonda SC-82	Equipe de operação

(Continua)

Montagem do bloco de coroamento	Não realizar a atividade durante o DTM	A atividade não é necessária para o processo	Passando para as atividades seguintes	Sonda SC-82	Equipe de operação
Desmontagem do carro sonda	Realizar a atividade juntamente com a desmontagem da subestrutura	A atividade pode ser realizada em paralelo com outra atividade	Reposicionando os guindastes utilizados de uma maneira que não haja risco de colisão entre as lanças destes	Sonda SC-82	Equipe de operação
Montagem do carro sonda	Realizar a atividade juntamente com a montagem da subestrutura	A atividade pode ser realizada em paralelo com outra atividade	Reposicionando os guindastes utilizados de uma maneira que não haja risco de colisão entre as lanças destes	Sonda SC-82	Equipe de operação

Fonte: Autor da pesquisa, (2014)

Nota-se que não foi respondido, no quadro acima, quando (*when*) cada medida deve ser realizada, nem quanto custa (*how much*) a realização de cada medida, pois, estas respostas só podem ser respondidas pela empresa.

Através do quadro montado, foi possível elaborar quatro sugestões de melhorias para reduzir o tempo de DTM:

Não realizar a atividade de desmontagem do BOP durante o DTM;

Proporcionar melhor visibilidade do telescópio à noite, para poder realizar a desmontagem do telescópio à noite e eliminar a *atividade aguardando luz do dia*;

Não realizar as atividades de desmontagem e conseqüentemente, a montagem do bloco de coroamento, pois, a desmontagem e montagem deste não são necessárias;

Realizar as atividades de desmontagem e montagem do carro sonda em paralelo com as atividades de desmontagem e montagem da subestrutura.

4.4.2 Sugestões acatadas

Todas as quatro sugestões de melhorias apresentadas foram acatadas pela empresa, com uma ressalva para a sugestão: proporcionar melhor visibilidade do telescópio à noite, para poder realizar a desmontagem do telescópio à noite e eliminar a atividade aguardando luz do dia.

A empresa exigiu que além de proporcionar melhor visibilidade do telescópio por meio de refletores, é necessário, para que o telescópio seja

desmontado à noite, que um técnico de segurança acompanhe a realização da atividade. E que antes do início desta atividade, seja realizada uma rápida reunião com os colaboradores envolvidos, onde devem ser explicados os riscos inerentes e os cuidados a serem tomados durante a realização da atividade de desmontagem do telescópio à noite.

4.4.3 Construção da nova rede PERT/CPM do DTM (Situação Final)

As sugestões de melhorias foram implantadas em três processos de DTM, que foram nomeados como: DTM 4, 5 e 6. Para verificar os resultados práticos desse processo, é necessário realizar o mesmo procedimento que foi realizado nos processos de DTM na situação inicial. Ou seja, primeiramente, serão coletados os dados relativos à desmontagem, montagem, transporte e dependências entre as atividades. Em seguida, será construída a nova rede PERT/CPM do DTM (situação final), por meio da qual será identificado o caminho crítico e o tempo de realização desse processo.

Na coleta de dados da desmontagem, representada pelo Quadro 15, está preenchido o tempo médio de desmontagem de quinze equipamentos, além dos tempos de desmontagem dos equipamentos em cada um dos três processos de DTM: DTM 4, DTM 5 e DTM 6. O poço de origem e o poço de destino dos três processos também estão descritos no Quadro 16.

Quadro 16 – Dados da desmontagem do DTM (situação final)

Desmontagem				
DTM 4	De: 7-SZ-614D-SE	Para: 7-SZ-615D-SE		
DTM 5	De: 7-SZ-617-SE	Para: 7-SZ-666D-SE		
DTM 6	De: 7-SZ-668-SE	Para: 3-IP-21D-SE		
Atividade	Tempo DTM 4 (h)	Tempo DTM 5 (h)	Tempo DTM 6 (h)	Tempo Médio (h)
Tanques cilíndricos	2,4	2,5	2,2	2
Bombas de lama	4,3	4,2	4,2	4

(Continua)

Ferramentas para tubos	3,3	3,3	3,4	3
<i>Choke manifold</i>	1,4	1,3	1,4	1
Acionador de bop	1,1	1,2	1,3	1
Caixas de tubos	1,3	1,4	1,6	1
Rampa	1,3	1,2	1,4	1
<i>Mud cleaner</i>	1,1	1,4	1,2	1
Geradores	1,5	1,4	1,2	1
Peneiras	1,6	1,3	1,4	1
Tanques de lama	8,1	8,2	7,9	8
Telescópio	5,1	5,2	5,1	5
Mastro	7,0	7,2	6,8	7
Carro sonda	2,2	2,2	2,1	2
Subestrutura	3,1	3,1	3,0	3

Fonte: Autor da pesquisa, (2014)

Na desmontagem dos equipamentos no DTM na situação final, foram desmontados quinze equipamentos, dois a menos que na desmontagem do DTM na situação inicial. Os dois equipamentos que não foram desmontados são: BOP e bloco de coroamento, conforme sugerido para melhoria do processo.

Além dos dois equipamentos que não foram desmontados, a atividade *aguardando luz do dia* não foi realizada, pois no DTM na situação final, foi possível a realização da desmontagem do telescópio à noite.

Na coleta de dados da montagem, representada pelo Quadro 17, está preenchido o tempo médio de montagem de treze equipamentos, além dos tempos de montagem dos equipamentos no DTM 4,5 e 6. Assim como no Quadro 16, o poço de origem e o poço de destino dos três processos também estão descritos.

Quadro 17 – Dados da montagem do DTM (situação final)

Montagem				
DTM 4	De: 7-SZ-614D-SE	Para: 7-SZ-615D-SE		
DTM 5	De: 7-SZ-617-SE	Para: 7-SZ-666D-SE		
DTM 6	De: 7-SZ-668-SE	Para: 3-IP-21D-SE		
Atividade	Tempo DTM 4 (h)	Tempo DTM 5 (h)	Tempo DTM 6 (h)	Tempo Médio (h)
Tanques de lama	9,9	10,2	10,1	10
Peneiras	1,2	1,1	1,4	1
<i>Mud cleaner</i>	1,2	1,1	1,2	1
Bombas de lama	4,2	4,1	4,2	4
Tanques cilíndricos	2,3	2,2	2,1	2
Subestrutura	3,3	3,0	3,1	3
Carro sonda	2,3	2,2	2,0	2
Mastro	7,3	7,0	7,1	7
Geradores	1,2	1,3	1,2	1
Telescópio	5,0	5,3	4,9	5
Rampa	1,1	1,1	1,0	1
Caixas de tubos	1,5	1,2	1,4	1
Ferramentas para tubos	3,5	3,6	3,3	3

Fonte: Autor da pesquisa, (2014)

Na comparação entre a montagem dos equipamentos no DTM na situação final e no DTM na situação inicial, percebe-se que no DTM na situação final,

foram montados treze equipamentos, um a menos que no DTM na situação inicial. O equipamento em questão foi o bloco de coroamento, que como não foi desmontado, não precisou ser montado.

Quadro 18 – Dados de transporte do DTM (situação final)

Transporte				
DTM 4	De: 7-SZ-614D-SE	Para: 7-SZ-615D-SE		
DTM 5	De: 7-SZ-617-SE	Para: 7-SZ-666D-SE		
DTM 6	De: 7-SZ-668-SE	Para: 3-IP-21D-SE		
-	DTM 4	DTM 5	DTM 6	Média
Distância (km):	18	27	90	45
Tempo (h):	4	5	9	6

Fonte: Autor da pesquisa, (2014)

No Quadro 18, que faz referência aos dados de transporte do DTM na situação final, foram preenchidas as distâncias e os tempos de viagem entre as locações dos poços de origem e de destino de cada um os três processos de DTM, foi explicitado também o poço de origem e o de destino dos três processos.

Da mesma maneira que no DTM na situação inicial, a distância entre a locação dos poços de origem e destino é constante e o tempo de realização do transporte de todos os equipamentos foi considerado o mesmo em cada um dos processos de DTM. Os dados de transporte foram fornecidos pela equipe de transporte da empresa, conforme citado anteriormente na metodologia deste trabalho.

Em comparação à situação inicial, percebe-se que o tempo médio de transporte dos equipamentos na situação final é significativamente maior. Na situação inicial o tempo médio de transporte é igual a 3 horas, enquanto na situação final o tempo médio de transporte dos equipamentos é igual a 6 horas, ou seja, o dobro do tempo necessário na situação inicial.

A impressão ao se estabelecer a comparação entre o tempo médio de transporte na situação inicial e na situação final é que a atividade de transporte foi mais eficiente na situação inicial do que na situação final. Porém, o motivo da diferença no tempo médio de realização do transporte entre as duas situações não é

a maior eficiência do transporte na situação inicial em comparação à situação final, e sim, a menor distância média percorrida na situação inicial em comparação à situação final. Na situação inicial foram percorridos em média 13 quilômetros, enquanto na situação final foram percorridos em média 45 quilômetros, conforme está representado no Quadro 19.

Quadro 19 – Comparação entre transporte na situação inicial e final

-	DTM (situação inicial)	DTM (situação final)
Distância média (km):	13	45
Tempo médio (h):	3	6
Velocidade média (km/h):	4,3	7,5

Fonte: Autor da pesquisa, (2014)

Dividindo a distância média percorrida pelo tempo médio de viagem, em ambas as situações, encontra-se a velocidade média praticada na situação inicial e na situação final, conforme também está demonstrado no Quadro 19. Na situação inicial a velocidade média é igual a 4,3 km/h, inferior a velocidade média na situação final que é igual a 7,5 km/h.

Novamente tem-se a impressão que a atividade de transporte em uma situação é mais eficiente que na outra, porém, na comparação das velocidades médias praticadas na situação inicial e final, a atividade de transporte na situação final parece mais eficiente do que na situação inicial, o que também não é verdade. A diferença da velocidade média praticada na situação inicial e na situação final está vinculada às situações de tráfego diferentes, ou seja, nenhuma relação de eficiência pode ser realizada na comparação das atividades de transporte na situação inicial e final, pois se tratam de situações de transporte diferentes.

Para que se possa construir a nova rede PERT/CPM do processo de DTM (situação final), falta apenas coletar os dados referentes às relações de dependências entre as atividades do processo, já que já foram coletados os dados referentes ao tempo de realização das atividades de desmontagem, montagem e transporte na situação final.

Na coleta dos dados de dependência entre as atividades de DTM na situação final, foi necessária a elaboração de uma nova relação de dependências entre as atividades, pois, algumas atividades realizadas anteriormente no DTM na

situação inicial, não foram realizadas no DTM na situação final, dessa forma, as relações de dependência entre as atividades foram alteradas.

As relações de dependência entre as atividades realizadas no DTM na situação final foram estabelecidas baseadas nos conhecimentos técnicos dos supervisores da operação e do engenheiro responsável, e mediante nas observações realizadas no local de realização deste trabalho pelo autor da pesquisa. O Quadro 20 representa as relações de dependência no DTM na situação final, além de demonstrar o tempo de realização de cada uma das atividades.

Quadro 20 – Dependências do DTM (situação final)

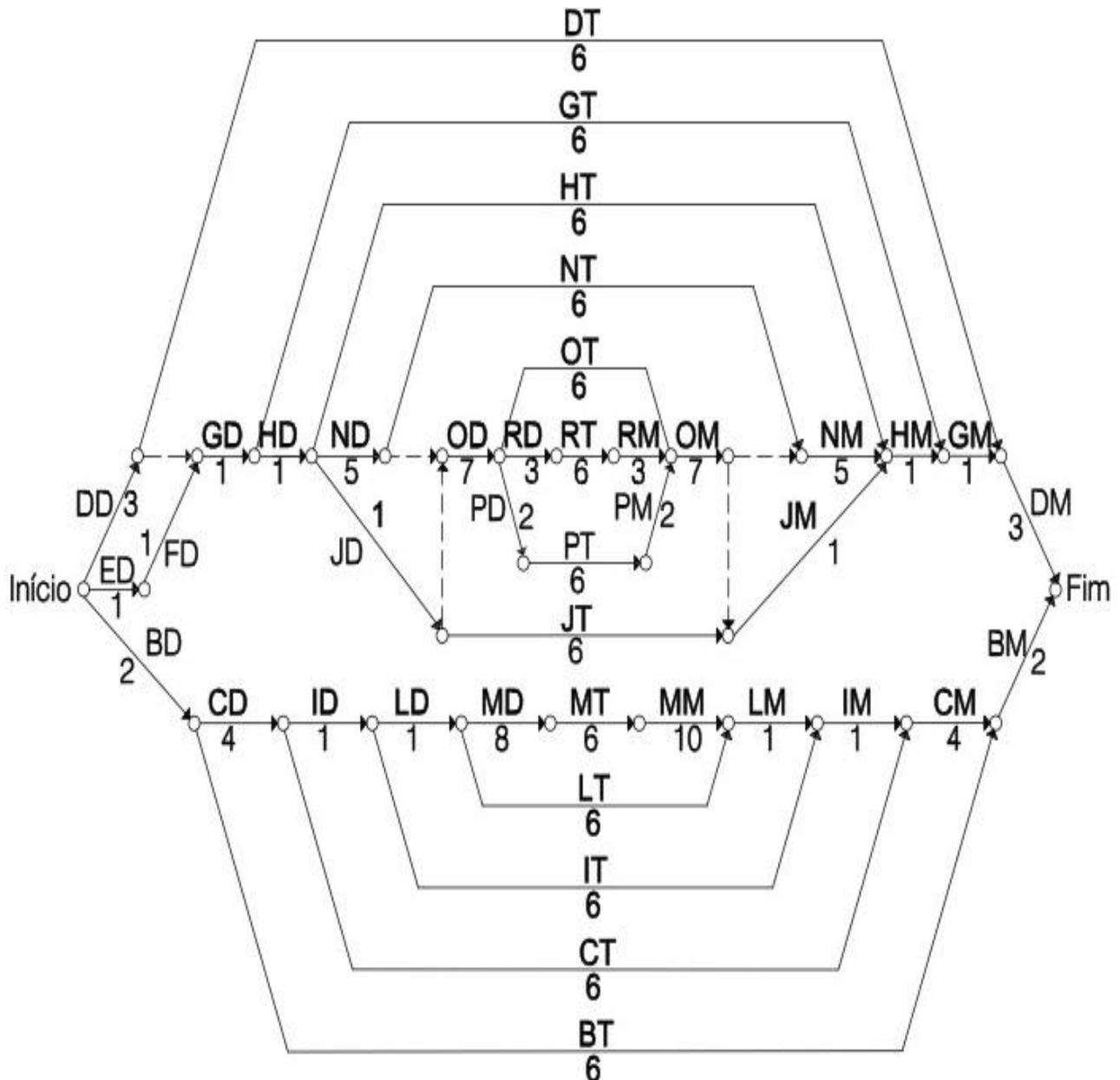
Atividade	Dependências	Tempo (h)	Atividade	Dependências	Tempo (h)
BD	-	2	JT	JD	6
CD	BD	4	LT	LD	6
DD	-	3	MT	MD	6
ED	-	1	NT	ND	6
FD	ED	1	OT	OD	6
GD	DD, FD	1	PT	PD	6
HD	GD	1	RT	RD	6
ID	CD	1	BM	CM, BT	2
JD	HD	1	CM	IM, CT	4
LD	ID	1	DM	GM, DT	3
MD	LD	8	GM	HM, GT	1
ND	HD	5	HM	JM, NM, HT	1
OD	JD, ND	7	IM	LM, IT	1
PD	OD	2	JM	OM, JT	1
RD	OD	3	LM	MM, LT	1
BT	BD	6	MM	MT	10
CT	CD	6	NM	OM, NT	5
DT	DD	6	OM	RM, PM, OT	7
GT	GD	6	PM	PT	2
HT	HD	6	RM	RT	3
IT	ID	6	-	-	-

Fonte: Autor da pesquisa, (2014)

Após a coleta dos dados de desmontagem, montagem, transporte e também das relações de dependências entre as atividades, foi possível construir a

nova rede PERT/CPM do processo de DTM (situação final), conforme está representado no Gráfico 13, para em seguida calcular o seu caminho crítico do processo conforme será visto na próxima seção.

Gráfico 13 – Nova rede PERT/CPM do processo de DTM (situação final)



Fonte: Autor da pesquisa, (2014)

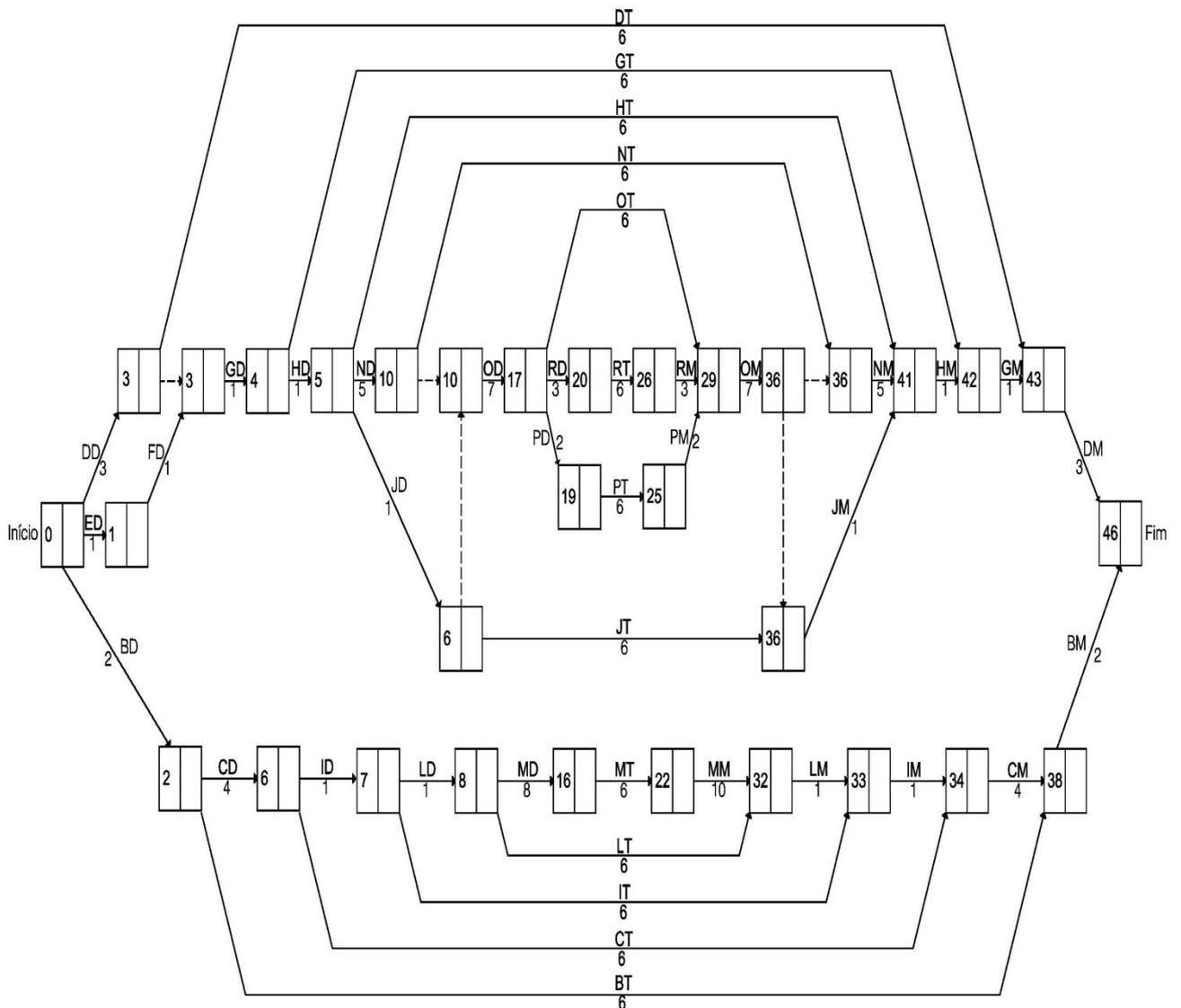
4.5 Determinação do Caminho Crítico do DTM (Situação Final)

Após a construção da nova rede do processo de DTM, pode-se encontrar o caminho crítico do processo, através do cálculo das folgas das atividades que compõem em rede, para isso é necessário que sejam calculados os cedos e tardes

dos eventos da rede.

Através da rede representada no Gráfico 14 foram calculados e representados os cedos de todos os eventos do processo de DTM na situação final. Para cálculo dos cedos deve-se inicialmente atribuir ao evento inicial o valor de cedo igual a zero e os demais valores de cedo são obtidos através da soma do cedo anterior com a duração da atividade, caso algum evento possua ligação com mais de uma atividade anterior, o cedo considerado será o de maior valor.

Gráfico 14 – Cedos (situação final)



Fonte: Autor da pesquisa, (2014)

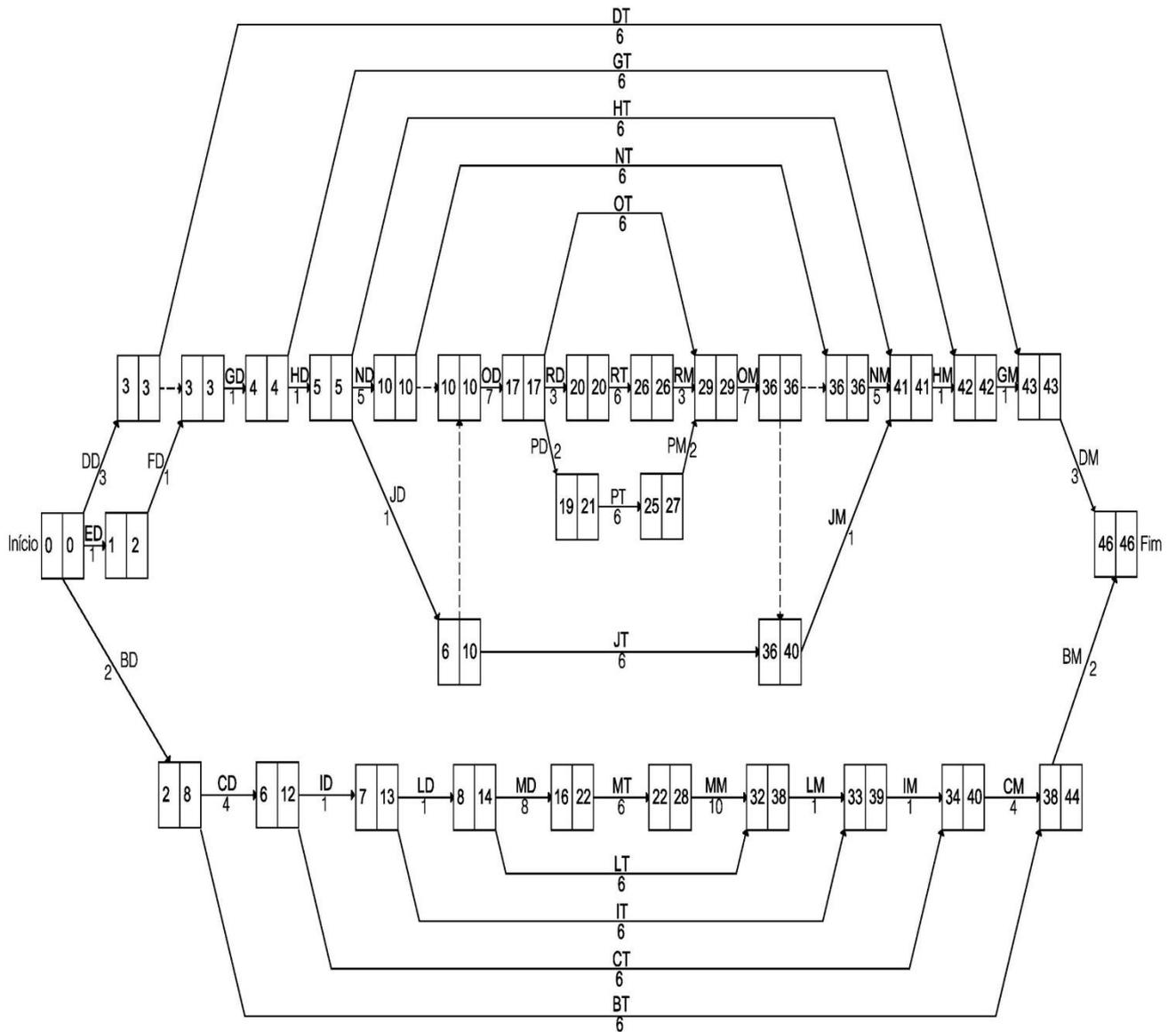
Após calcular os valores dos cedos dos eventos, foram encontrados os tardes de todos os eventos da rede. No evento final do Gráfico 14 encontra-se o valor do cedo deste evento igual a 46 horas. Para o cálculo dos tardes deve-se inicialmente atribuir ao tarde do evento final o mesmo valor do cedo do evento final,

ou seja, o valor do tarde do evento final também será igual a 46 horas. O tarde do evento final também representa também o tempo de duração do processo de DTM na situação final.

Conhecendo o valor do tarde do evento final, os demais tardes serão o valor do tarde do evento posterior subtraído da duração da atividade posterior. Caso algum evento possua mais de uma atividade posterior diretamente ligada a ele, o tarde considerado será o de menor valor.

No Gráfico 15 estão representados os valores dos tardes de todos os eventos do DTM na situação final, além dos valores dos cedos já demonstrados anteriormente no Gráfico 14.

Gráfico 15 – Tardes (situação final)



Fonte: Autor da pesquisa, (2014)

Encontrados os valores dos cedos e tardes de todos os eventos, foi calculado o tempo disponível e as folgas de cada uma das atividades do processo de DTM na situação final, conforme está representado a seguir no Quadro 21.

Quadro 21 – Folgas (situação final)

Atividade	Duração	TD	FT	FL	FD	FI
DD	3	3	0	0	0	0
GD	1	1	0	0	0	0
HD	1	1	0	0	0	0
ND	5	5	0	0	0	0
OD	7	7	0	0	0	0
RD	3	3	0	0	0	0
RT	6	6	0	0	0	0
RM	3	3	0	0	0	0
OM	7	7	0	0	0	0
NM	5	5	0	0	0	0
HM	1	1	0	0	0	0
GM	1	1	0	0	0	0
DM	3	3	0	0	0	0
ED	1	2	1	0	1	0
FD	1	2	1	1	0	0
JD	1	5	4	0	4	0
JM	1	5	4	4	0	0
PD	2	4	2	0	2	0
PM	2	4	2	2	0	0
DT	6	40	34	34	34	34
GT	6	38	32	32	32	32
HT	6	36	30	30	30	30
NT	6	26	20	20	20	20
OT	6	12	6	6	6	6
PT	6	18	12	10	10	0

JT	6	34	28	24	24	20
BD	2	8	6	0	6	0
CD	4	10	6	0	0	0
ID	1	7	6	0	0	0
LD	1	7	6	0	0	0
MD	8	14	6	0	0	0
MT	6	12	6	0	0	0
MM	10	16	6	0	0	0
LM	1	7	6	0	0	0
IM	1	7	6	0	0	0
CM	4	10	6	0	0	0
BM	2	8	6	6	0	0
LT	6	30	24	18	18	12
IT	6	32	26	20	20	14
CT	6	34	28	22	22	16
BT	6	42	36	30	30	24

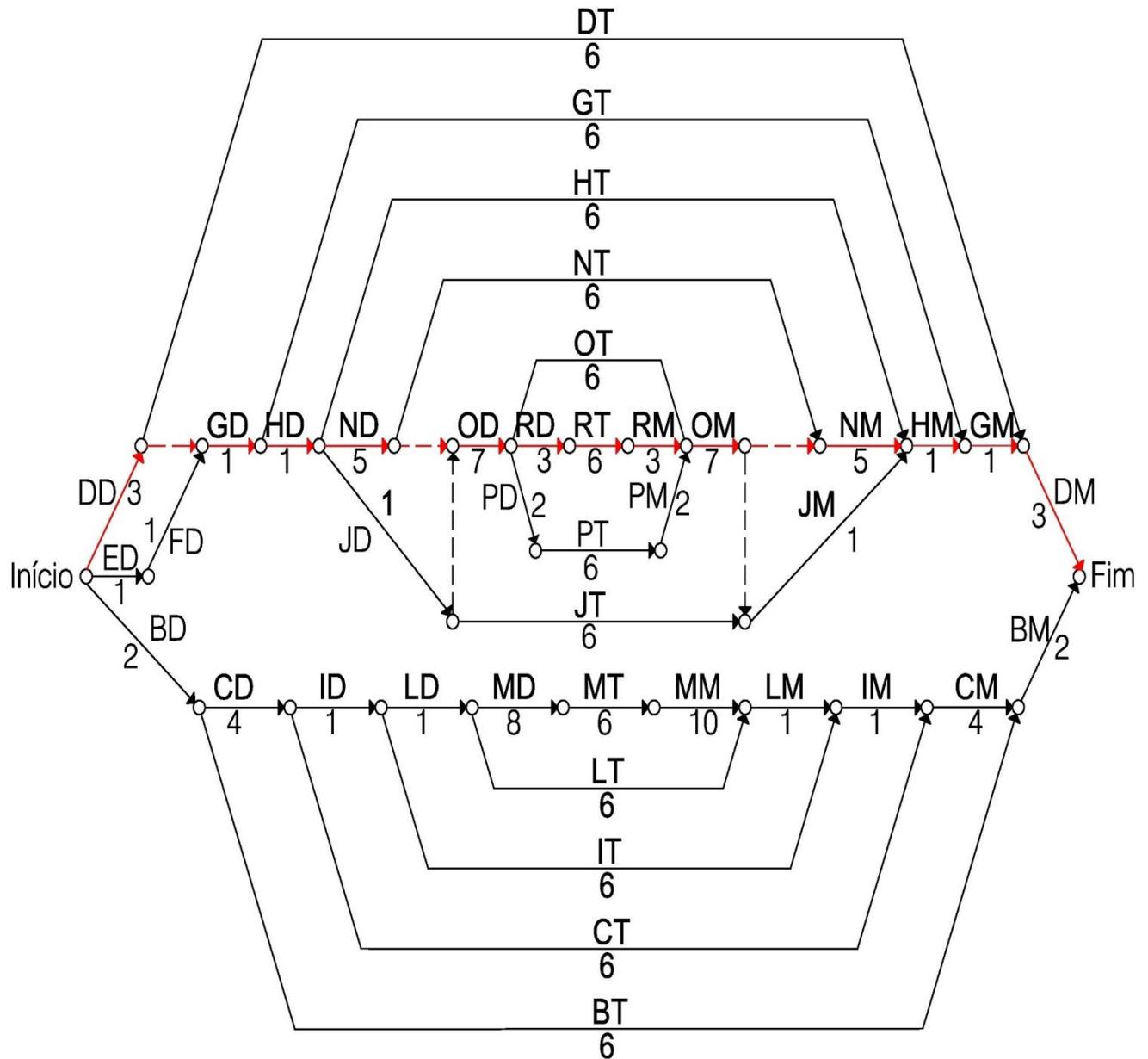
Fonte: Autor da pesquisa, (2014)

No Quadro 21, o tempo disponível (TD) foi calculado através da subtração do tarde evento final pelo cedo do evento inicial de cada atividade, encontrado o tempo disponível, é possível calcular a folga total (FT) a partir da subtração do tempo disponível pela duração da atividade. A folga livre (FL) é o resultado da subtração do cedo do evento final pelo cedo do evento inicial e pela duração da atividade, enquanto a folga dependente (FD) é o resultado da subtração do tarde do evento final pelo tarde do evento inicial e pela duração da atividade. Por fim, a folga independente (FI) foi calculada através da subtração do cedo do evento final pelo tarde do evento inicial e pela duração da atividade.

Analisando o Quadro 21, percebe-se que algumas atividades do processo de DTM na situação final possuem todas as suas folgas iguais a zero. Dessa maneira, as atividades: DD, GD, HD, ND, OD, RD, RT, RM, OM, NM, HM, GM e DM, em vermelho no Quadro 21, são consideradas atividades críticas do processo, conseqüentemente, o caminho crítico do DTM na situação final é o caminho formado por essas atividades.

O Gráfico 16 representa o caminho crítico do processo de DTM na situação final, as atividades que o compõe estão destacadas por setas vermelhas.

Gráfico 16 – Caminho crítico do processo de DTM (situação final)



Fonte: Autor da pesquisa, (2014)

4.6 Comparação do Tempo de DTM da Antiga e da Nova Rede PERT/CPM

A partir do caminho crítico do processo de DTM antes da implantação da nova rede, DTM na situação inicial, e após, DTM na situação final, foi encontrado o tempo de duração de ambos os processos, possibilitando a comparação entre eles.

Comparando o tempo de realização do DTM na situação inicial, com o

DTM na situação final, nota-se que o primeiro possui o tempo de realização de 58 horas, superior, em 12 horas, ao tempo de realização do segundo, igual a 46 horas.

A diferença entre o processo de DTM na situação inicial e na situação final está justamente nas melhorias sugeridas e aplicadas durante a realização deste trabalho. Sendo assim, pode-se afirmar que após a implantação das melhorias sugeridas, o tempo de realização do processo de DTM dos equipamentos da sonda SC-82, sofreu uma redução de 12 horas. Representando uma redução de, aproximadamente, 21% no tempo de realização do processo de DTM. Conforme demonstrado no Quadro 22.

Quadro 22 – Comparação entre o DTM na situação inicial e final

Tempo de realização do DTM (situação inicial)	Tempo de realização do DTM (situação final)	Redução de tempo	Redução de tempo em percentual
58 horas	46 horas	12 horas	21%

Fonte: Autor da pesquisa, (2014)

Ao comparar a única atividade de transporte existente no caminho crítico do DTM na situação inicial e final (atividade RT) percebe-se que esta atividade possui respectivamente os seguintes valores: 3 e 6 horas. Como já foi visto, o fato da atividade RT ter uma duração menor na situação inicial não significa que esta atividade foi realizada com maior eficiência em comparação a situação final. Tal diferença é reflexo apenas das diferenças das distâncias médias entre as duas situações, como a distância a ser percorrida na situação final é maior que na situação inicial, o tempo de transporte na situação final também é maior. Conforme demonstrado no Quadro 23.

Quadro 23 – Comparação entre a atividade RT na situação inicial e final

	Atividade RT (situação inicial)	Atividade RT (situação final)
Distância média (km):	13	45
Tempo médio (h):	3	6

Fonte: Autor da pesquisa, (2014)

Também foi citado anteriormente, no desenvolvimento deste trabalho, que

nenhuma relação de eficiência pode ser realizada na comparação das atividades de transporte na situação inicial e final, pois tratam de situações de transporte diferentes. Sendo assim, foi elaborado outro quadro comparativo entre o processo de DTM na situação inicial e na situação final, no qual foi excluído o tempo de realização da atividade de transporte (RT) em ambos os processos, a fim de estabelecer uma comparação que demonstre a real redução do tempo de realização entre os processos antes e após a implantação das melhorias.

Quadro 24 – Comparação entre o DTM excluindo o transporte na situação inicial e final

Tempo de realização (situação inicial)	Tempo de realização (situação final)	Redução de tempo	Redução de tempo em percentual
55 horas	40 horas	15 horas	27%

Fonte: Autor da pesquisa, (2014)

O Quadro 24 demonstra que a redução do tempo do processo de DTM da situação inicial para a final foi de 15 horas, o que significa 27% de redução de tempo, quando a atividade de transporte (RT) foi excluída de ambos o processo. Desta forma, pode-se dizer que após a implantação das melhorias houve uma redução de 15 horas no tempo de realização do processo de DTM da sonda SC-82

5 CONCLUSÃO

Para garantir a viabilidade econômica da construção de poços terrestres, na região de Sergipe-Alagoas, é necessária a redução dos seus custos. Sendo assim, devem ser encontradas soluções para redução de custos dos diversos processos que compõem a construção de poços terrestres. Entre esses processos, se encontram a desmontagem, transporte e montagem da sonda de perfuração entre um poço e outro, conhecido como DTM.

Os custos de DTM estão diretamente relacionados ao tempo de duração desse processo, ou seja, quanto mais rápido for realizado o DTM, menos custoso ele será. Neste contexto, a partir da realização deste trabalho, o processo de DTM da sonda SC-82 foi representado em uma rede PERT/CPM, por meio da qual foi identificado o caminho crítico do processo. Conhecendo o caminho crítico, foram identificadas as perdas nele existentes, dessa forma, melhorias para combater as perdas no caminho crítico do DTM foram propostas pelo autor deste trabalho e implementadas pela empresa, reorganizando a rede PERT/CPM do processo de DTM. Com a nova rede implantada, o tempo de realização dos processos de DTM da sonda SC-82 foi reduzido, conforme o objetivo principal do trabalho. Pois, reduzindo o tempo de DTM, serão reduzidos os custos de construção de poços terrestre, auxiliando na viabilização econômica destes.

Quanto aos obstáculos encontrados na realização deste trabalho, houve dificuldade por parte do autor da pesquisa quanto à coleta de dados, devido ao fato que no processo de DTM não existem pausas, pois, trata-se de um processo contínuo e que possui a duração de muitas horas. Outra dificuldade encontrada foi, a necessidade de coletar dados em dois lugares diferentes ao mesmo tempo, ou seja, na locação do poço de origem e na locação do poço de destino. Para superar as dificuldades encontradas, foi necessário contar com apoio de vários colaboradores da empresa, em todo o processo de coleta de dados.

REFERÊNCIAS

- ACEVEDO, Claudia R. NOHARA, Jouliana J. **Monografia no curso de administração**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2007.
- ALMEIDA, Antônio Carvalho de. **Manual de perfuração**. Salvador: PETROBRAS – Material Institucional, 1977.
- ANDRADE, Eduardo Leopoldino de. **Introdução à pesquisa operacional**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2010.
- DAVIS, Mark M.; AQUILANO, Nicholas J.; CHASE, Richard B. **Fundamentos da administração da produção**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman Editora, 2008.
- GERHARDT, Tatiana E.; SILVEIRA, Denise T. **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.
- GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- GOLDBARG, Marcos Cesar; LUNA, Henrique Pacca L. **Otimização combinatória e programação linear**. 2. Ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.
- KAUARK, Fabiana; MANHÃES, F. Castro; MEDEIROS, C. Henrique. **Metodologia da Pesquisa: Um guia prático**. Itabuna: Via Litterarum, 2010.
- LAKATOS, Eva M.; MARCONI, Marina de A. **Fundamentos de metodologia científica**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2009.
- LENZI, Fernando C.; KIESEL, Márcio D.; ZUCCO, Fabricia D. **Ação empreendedora: como desenvolver e administrar o seu negócio com excelência**. São Paulo: Editora Gente, 2010.
- LISBÔA, Maria da G. P.; GODOY, Leoni P. **Aplicação do método 5W2H no processo produtivo do produto: a joia**. *Iberoamerican Journal of Industrial Engineering*, Santa Catarina, v. 4, n. 7, p. 32-47, 2012.
- MARSHALL JUNIOR, Isnard; CIERCO, Agliberto A.; ROCHA, Alexandre V.; MOTA, Edmarson B.; LEUSIN, Sérgio. **Gestão da Qualidade**. 8. ed. Rio de Janeiro: FGV, 2008.
- MARTINS, Petrônio G.; LAUGENI, Fernando P. **Administração da produção**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2005.
- MIGUEL, Paulo A. C. **Qualidade: enfoques e ferramentas**. São Paulo: Artliber Editora, 2006.
- MOREIRA, Daniel A. **Administração da produção e operações**. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

PEINADO, Jurandir; GRAEML, Alexande Reis. **Administração da produção**. Curitiba: UnicenP, 2007.

PRADO, Darci. **Planejamento e Controle de Projetos**. 7. ed. Nova Lima: INDG, 2011.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R.; BETTS, A. **Gerenciamento de operações e de processos**. Porto Alegre: Bookman Editora, 2008.

TAHA, Hamdy A. **Pesquisa operacional**. 8. ed. São Paulo: Pearson, 2010.

THIRY-CHERQUES, Hermano Roberto. **Modelagem de projetos**. São Paulo: Atlas, 2002.

THOMAS, José Eduardo. **Fundamentos de engenharia de petróleo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2004.

VARGAS, Ricardo Viana. **Gerenciamento de projetos: estabelecendo diferenciais competitivos**. 7. ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2011.

GLOSSÁRIO

- BOP** – *Blow out preventer.*
- Brainstormig** – Tempestade cerebral.
- CPM** – Construção de poços marítimos.
- CPT** – Construção de poços terrestres.
- DTM** – Desmontagem, transporte e montagem.
- EVTE** – Estudo de viabilidade técnica e econômica.
- E&P** – Exploração e produção.
- Kelly** – Haste quadrada.
- SC** – Sonda convencional.
- Offshore** – Marítimo.
- Onshore** – Terrestre.
- OS** – Operação com sondas.