

## 4

# Metodologia para Comparação das Estratégias Considerando Análise de Risco

Este capítulo tem como objetivo apresentar as noções básicas para desenvolvimento de um cronograma de forma a permitir as comparações entre as duas estratégias de construção de poços, bem como detalhar a metodologia que deve ser utilizada para realizar uma análise de riscos de cronograma.

Assim, esse capítulo está dividido em três seções, sendo a Seção 4.1 com foco na criação de cronograma, a Seção 4.2 na identificação de riscos e a Seção 4.3 na análise de riscos em si, sendo esta dividida em análise qualitativa e quantitativa.

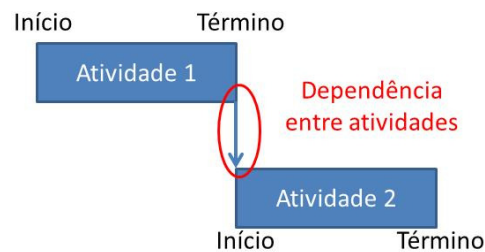
### 4.1. Criação de Cronograma

Conforme já comentado, o investimento das atividades de perfuração e completação de poços é extremamente alto, e grande percentual deste custo está relacionado à duração das atividades. Assim, para permitir a análise comparativa entre as duas estratégias de construção de poços, a melhor forma encontrada foi a criação de dois projetos através de cronogramas. As atividades para cada projeto serão detalhadas no cronograma e serão definidas suas ordens lógicas para sequenciamento.

Esses cronogramas serão as bases do processo de análise quantitativa de risco, portanto é pertinente ter algumas preocupações adicionais no momento de preparação dos mesmos para cada projeto, são elas (Petrobras, 2014):

- Com exceção da primeira e da última atividade do cronograma, todas as demais atividades devem ter estabelecidas as relações de precedência entre elas, de forma que um aumento ou diminuição na sua duração impacte a data de execução de atividades posteriores ou mesmo a data de conclusão do projeto.
- O projeto deve conter apenas um marco sem predecessor (o marco de início de projeto) e um sem sucessor (o marco de término do projeto), para garantir o fechamento da rede.

- As relações de dependência entre as atividades podem ser dos tipos: término-início (o início da atividade sucessora depende do término da atividade predecessora), início-término (o término da atividade sucessora depende do início da atividade predecessora), término-término (o término da atividade sucessora depende do término da atividade predecessora) e início-início (o início da atividade sucessora depende do início da atividade predecessora). A Figura 20 exemplifica um caso de término-início. É preferencial que se utilize para o cronograma de risco a relação término-início, de forma a manter um relacionamento lógico das atividades.



**Figura 1 – Exemplo de Relação de Dependência Entre Atividades Término-Início (Fonte: Elaborado pela Autora)**

- Os *Lags* devem ser evitados, pois impossibilitam a representação dos riscos no período de tempo, e substituídos por atividades. *Lags* são modificações de um relacionamento lógico, que gera um atraso na atividade sucessora.
- As atividades não devem ter restrições de data de início ou término.

Os dois softwares mais comuns atualmente para geração de cronogramas são Microsoft Project e Primavera.

## 4.2. Identificação dos Riscos

O processo de identificação de risco visa mapear os riscos do projeto e envolve descrever o risco, documentar suas características e entender o contexto em que ele ocorre.

Para as atividades de perfuração e completação dos poços, a etapa de identificação de risco é considerada relativamente simples, uma vez que engenheiros dedicados a essas atividades conseguem listar as diversas situações de incertezas que presenciaram e quais foram as decisões tomadas, sem necessariamente ter conhecimento de quais poderiam ser as consequências dos vários resultados possíveis (Cunha, 2004).

Existem diversas formas de se identificar os riscos de um projeto, algumas delas são listadas a seguir (Rollim, 2012 e PMI, 2013):

- **Análise de informação histórica:** essa análise pode ser feita através de listas de verificações com riscos típicos para o projeto, através de registros de riscos de outros projetos e também pela Estrutura Analítica de Riscos (EAR), auxiliando na identificação de onde podem surgir riscos para os projetos.
- **Avaliação da documentação do projeto em questão:** as informações existentes para o projeto em questão também devem ser estudadas, como por exemplo, Estrutura Analítica do Projeto (EAP - mapeia todo o trabalho que tem que ser realizado no projeto), cronograma (contém as restrições de datas), orçamento (contém as restrições de custos), premissas (fatores ou condições assumidos como verdadeiros), entre outras.
- **Técnicas para geração de ideias:** existem algumas técnicas para aproveitar a experiência e a criatividade dos participantes nesta etapa do processo, são elas: *brainstorming*, que consiste em uma técnica de grupo cujos esforços são feitos para levantar riscos através de ideias espontâneas, sem qualquer tipo de restrição; a técnica Delphi, onde os especialistas expressam suas opiniões isoladamente, evitando que influenciem a opinião de outros; entrevistas com especialistas das disciplinas do projeto, entre outros.
- **Técnicas para organização de ideias:** permitem a identificação de riscos através da organização das ideias. Duas técnicas utilizadas são: diagrama de causa e efeito, onde são diagramadas as causas que impactam um determinado efeito (problema) do projeto e identificados os riscos que serão agrupados sob essas causas principais; diagrama de influência, que permite que um grupo de pessoas identifique, analise e classifique de forma sistemática as

causas e efeitos entre várias causas de um risco, de forma a identificar a causa raiz.

### **4.3. Análise de Risco**

Uma vez identificados os riscos, transformar esses eventos em informações é fundamental para a tomada de decisão.

Essas informações serão levantadas frutos de análises de risco, que podem ser desempenhadas através de análises qualitativas (Subseção 4.3.1) e/ou quantitativas (Subseção 4.3.2). Além disso, será destinada uma Subseção (4.3.3) para explicar em detalhes a simulação de Monte Carlo, simulação muito utilizada na indústria para executar a análise quantitativa.

#### **4.3.1. Análise Qualitativa**

Ao se realizar alguma das técnicas de identificação de riscos, como resultado será gerada uma lista contendo diversos riscos. Porém, só devem ser tratados aqueles que têm maior importância ao projeto.

Então, o processo de análise qualitativa dos riscos tem como objetivo priorizá-los através das estimativas de probabilidade de ocorrência e das avaliações do grau de severidade dos impactos dos eventos e outros fatores como, por exemplo, a janela de resposta e a tolerância da organização para tal risco (PMI, 2013).

Para esclarecimento, probabilidade de ocorrência refere-se a possibilidade daquele risco ocorrer no projeto em questão e impacto refere-se ao quanto o projeto será impactado (negativamente ou positivamente) se o evento de risco ocorrer (Rollim, 2012).

De acordo com PMI (2013), para realizar essa análise qualitativa, existem algumas técnicas, tais quais:

- Classificação dos eventos de risco através da combinação de probabilidade e impacto através de uma matriz. A probabilidade pode ser definida através de faixas qualitativas de probabilidades (de muito baixa a muito alta) e um peso a ser utilizado para cada faixa. A avaliação dos impactos pode ser definida com o auxílio de

escalas de impactos atribuindo-se pesos a eles em cada objetivo do projeto, conforme cada situação ocorra.

- Categorização dos eventos de risco agrupando-os por características comuns, como por exemplo, pela parte do projeto que é afetada, pelas causas-raízes, pelo impacto, pela qualidade dos dados, etc.
- Avaliação da urgência dos riscos. Como os riscos podem ocorrer durante todo o período de execução do projeto, é importante analisar o momento que eles potencialmente irão ocorrer, de forma a identificar suas urgências.
- Julgamento de especialista para avaliar a probabilidade e o impacto de cada risco e determinar seu posicionamento na matriz de probabilidade versus impacto.

#### 4.3.2. Análise Quantitativa

Uma vez tendo os riscos identificados e priorizados, é iniciada a etapa de quantificação dos riscos, ou seja, de atribuição de números a eles. O objetivo principal dessa análise é entender como os riscos mapeados impactam os resultados do projeto, dando subsídios para tomar a melhor decisão.

Esse processo é fortemente influenciado pelos dados a serem utilizados e estes podem ser conseguidos de diversas formas, como por exemplo, análise de dados históricos de projetos semelhantes, avaliação subjetiva, opinião de especialistas, técnicas de inteligência computacional, entre outros (Jacinto, 2009).

Como pode ser visto em Rollim (2012) e PMI (2013), existem algumas técnicas usualmente utilizadas para realizar a análise quantitativa de riscos:

- **Análise de sensibilidade:** variando os dados de entrada verifica-se a sensibilidade de cada um nos resultados. Essa análise permite identificar os parâmetros (eventos) que mais impactam nos resultados e assim aqueles que precisam de maior atenção. Essa variação dos dados de entrada é estimada considerando casos pessimistas e otimistas.
- **Árvore de Decisão:** esse método permite calcular o valor esperado de um evento futuro considerando as incertezas. O valor monetário

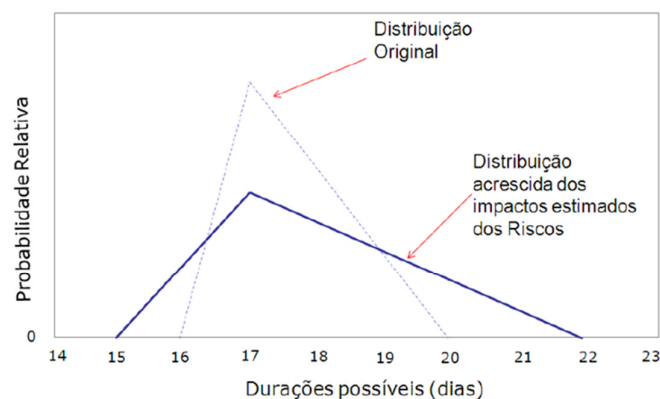
esperado de um risco é obtido através da soma dos resultados das multiplicações das probabilidades e impactos das possíveis saídas desse evento. A árvore de decisão utiliza um diagrama permitindo percorrer situações distintas, apresentando as implicações em cada um dos cenários possíveis.

• **Simulação:** a quantificação dos riscos através de simulação utiliza distribuições de probabilidade para avaliar o impacto das incertezas no projeto. A definição do tipo de distribuição a ser utilizada para representar cada incerteza deve ser aquela que melhor ajuste os dados.

Além disso, para cada estimativa deve ser considerada uma faixa de variação, mesmo não tendo sido identificado nenhum risco, uma vez que essa variação é inerente à própria estimativa.

Assim, em simulações de cronograma, quando o risco é inserido ajustando-se as estimativas de duração das atividades, o risco impactará a estimativa otimista ou pessimista, a depender se for uma oportunidade ou uma ameaça. Um exemplo pode ser visto na Figura 21, onde a atividade original foi representada por uma distribuição triangular, e, ao aplicar o risco, neste caso positivo e negativo, a distribuição foi alterada tornando o valor otimista mais otimista e o pessimista mais pessimista.

O risco também pode ser inserido como um evento probabilístico dentro do modelo de cronograma, neste caso a localização do risco no modelo e seu correto sequenciamento são fundamentais.



**Figura 2 – Exemplo de estimativas de duração de atividade sem e com a incorporação de risco (Fonte: Rollim, 2012)**

Uma das técnicas mais tradicionais para lidar com decisões e análise de risco sob incerteza é a simulação de Monte Carlo (Coelho *et al.*, 2005). Segundo Williamson, Sawaryn e Morrison (2006), devido a grande quantidade de influências incertas ou não conhecidas interferindo nas estimativas de poços, este método torna-se bastante favorável para aplicação. Desta forma, a análise quantitativa a ser realizada nesta dissertação será através da simulação de Monte Carlo, e por isso esse método será mais explorado na Subseção 4.3.3.

É importante ressaltar que, mesmo com as melhores ferramentas de análise de risco disponível no mercado, os resultados obtidos através da simulação serão muito dependentes da qualidade dos dados que deram entrada nesta ferramenta. Então, a etapa de levantamento e análise dos dados é fundamental e um bom tempo deve ser dedicado a ela para que se possa de fato confiar nos resultados. Cunha (2004) acredita que esse aspecto é provavelmente a razão de não se ter um uso generalizado de análise de risco nas operações de perfuração.

### **4.3.3. Simulação de Monte Carlo**

O objetivo desta subseção é explicar o que consiste a simulação de Monte Carlo, seus pré-requisitos e os conceitos envolvidos. A proposta é apresentar os conceitos básicos que possibilitem o entendimento e a aplicação no estudo de caso a ser apresentado no Capítulo 5.

A simulação de Monte Carlo é uma simulação estocástica e consiste em selecionar aleatoriamente um valor para cada parâmetro de entrada, de acordo com a distribuição de probabilidade especificada e calcular a saída. Cada grupo de amostras é denominado iteração. Durante a simulação, uma sucessão de  $n$  iterações ocorre, e em cada caso a saída vai sendo armazenada. Ao término da simulação, os valores de saída são agrupados e se aproximam de uma distribuição de probabilidade de possíveis resultados (Peterson, Murtha e Roberts, 1995).

Essa simulação é muito indicada para modelos cujos componentes possam ser representados por funções de distribuições de probabilidade (Accioly e Gonçalves, 2008).

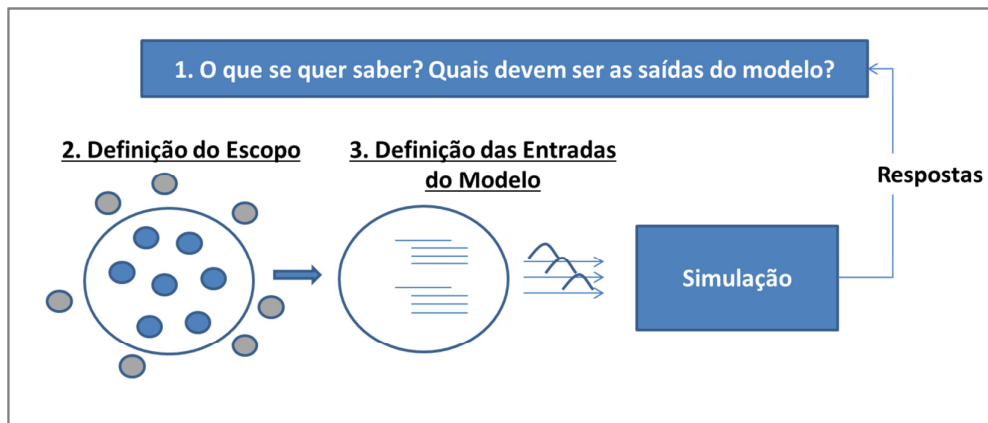
A simulação de Monte Carlo pode ser descrita através de cinco passos, sendo eles: Definição do Modelo de Análise de Risco; Coleta de Dados;

Definição das Distribuições de Entrada do Modelo; Modelagem das Dependências; e Simulação e Interpretação dos Resultados. Cada etapa será melhor detalhada com base principalmente no artigo de Williamson, Sawaryn e Morrison (2006), no livro de Vose (1996) e na apostila de Accioly e Gonçalves (2008):

#### a) Definição do Modelo de Análise de Risco

Segundo Vose (1996), um erro muito comum é a tentativa de se construir um modelo que calcule a média do resultado, ao invés de se criar um modelo que calcule uma quantidade extensa de cenários e que através destes possibilite que se calcule a média. Ele ressalta que cada iteração de um modelo de análise de risco deve ser um cenário que possa efetivamente ocorrer.

Então, para realizar uma simulação de Monte Carlo é fundamental definir o que se quer analisar, ou seja, as saídas desejadas do modelo e que elas representem de fato realidades. Em seguida, deve-se determinar qual é o escopo da análise e conseqüentemente quais são as entradas adequadas do modelo de forma a representar o escopo definido. A Figura 22 ilustra essas etapas.



**Figura 3 – Etapas para Definição do Modelo (Fonte: Elaborado pela Autora)**

O modelo deve ser criado de forma a responder todas as questões de interesse do projeto. Então, além dos itens destacados na Seção 4.1, que contém alguns requisitos para elaboração do cronograma para análise de risco, os pontos descritos abaixo também devem ser considerados.



Para Williamson, Sawaryn e Morrison (2006), determinar o escopo da análise envolve entender o que deve ou não ser incluído no escopo, como por exemplo, mobilização de sonda, preplanejamento, eventos de intervenção em poços, entre outros. Além disso, devem ser entendidas quais eventualidades serão incorporadas ou ignoradas no modelo. Talvez riscos de alta severidade, como por exemplo, a perda total de uma facilidade de produção ou um maremoto, devam ser excluídos de uma análise econômica por serem considerados eventos raros (baixa probabilidade de ocorrência), porém devem ser comunicados para que os tomadores de decisão tenham a noção completa do mapa de riscos de seu projeto.

Para definir quais as entradas mais adequadas para representar o escopo deve-se levar em consideração seu nível de detalhe, ou seja, qual a quantidade mais adequada de quebras para as atividades. No caso de poços, pode-se citar como exemplo a quebra em três níveis diferentes: por poço (perfuração total do poço), por seção (perfuração total de cada fase do poço) e por atividade (perfuração, revestimento e cimentação). Cada uma tem suas vantagens e desvantagens e elas devem ser analisadas cuidadosamente. Quanto maior a quebra do escopo, mais fácil a análise particular de riscos e incertezas, porém mais suscetível estará a esquecimento de atividades importantes e de problemas com correlações dos dados (Williamson, Sawaryn e Morrison, 2006).

#### **b) Coleta de Dados**

Para realizar a quantificação das incertezas, será necessária uma coleta de dados. O conjunto de dados a ser utilizado deve ser grande o suficiente para representar uma gama de desempenhos e resultados e para minimizar os efeitos de uma amostragem pequena. Os dados possuem uma grande importância para a representatividade e coerência dessa análise, então esta só deve ser iniciada quando tiver uma quantidade razoável de dados disponíveis, com qualidade e organizados de maneira objetiva (Accioly e Martins, 1992).

Além disso, esse conjunto deve incluir características análogas àquelas que se pretende estimar, para que os resultados possam ser representativos. Uma vez em posse dos dados, estes devem ser analisados para verificar sua consistência e neste momento algumas situações devem ser evitadas, conforme destacado por Williamson, Sawaryn e Morrison (2006).

Deve-se evitar eliminar pontos considerados não usuais, fora da curva (*outliers*), especialmente em estimativas de poços, pois esses pontos podem representar riscos ou oportunidades e merecem ser investigados.

Outra questão está relacionada com a seletividade dos dados, onde é usual do estimador excluir dados resultantes de desempenhos ruins, por acreditar que esses eventos não irão mais ocorrer. Aqueles resultados considerados fracos, mas que são representativos, devem sempre ser considerados no conjunto final de dados.

Adicionalmente, outro ponto a ser evitado, ou no mínimo ter uma maior atenção, é com relação à definição de metas desafiadoras e sua incorporação nas estimativas. Ao misturar esses desafios com as previsões dos dados de entrada do modelo, acaba tornando-os implícitos nos resultados esperados. Assim, não só isso se transforma em um problema quando as previsões se tornam otimistas, mas causa certa confusão ao tentar entender como isso aconteceu.

Para realizar a análise dos dados, existem algumas técnicas gráficas que permitem uma maior percepção dos dados e a detecção de pontos afastados (fora da curva), são elas (Accioly e Gonçalves, 2008): *box-plot*, histograma e densidade.

O gráfico *box-plot* é um gráfico de caixa utilizado para avaliar a distribuição empírica dos dados, sendo muito útil para identificar pontos afastados, questões de simetria e noção de dispersão dos dados.

O histograma já é uma forma gráfica que representa os dados agrupados em frequências (eixo vertical), permitindo analisar seu formato, o ponto médio, a variação da distribuição, sua simetria e inclusive a presença de pontos afastados.

O gráfico de densidade é mais adequado para definir um modelo de probabilidade que represente os dados. Esse gráfico permite a visualização mais suavizada de como os dados se distribuem.

Finalizada a análise de dados e definido o conjunto que será utilizado na análise quantitativa, o próximo passo é entender quais distribuições de probabilidade melhor se ajustam aos dados.

### **c) Definição das Distribuições de Entrada do Modelo**

Os elementos que devem ser modelados e servirão de entrada para a simulação são as durações das atividades e os eventos probabilísticos.

Segundo Accioly e Gonçalves (2008), no caso da duração das atividades geralmente são utilizadas distribuições contínuas (qualquer valor pode ocorrer dentro de limites definidos) cujos insumos são dados históricos e/ou opinião de especialistas. Conforme comentado na Subseção 4.3.2 (simulação), para cada

estimativa deve ser considerada uma distribuição, mesmo não tendo sido identificado nenhum risco, uma vez que essa variação é inerente à própria estimativa. A incerteza pode ser inserida no modelo incorporando-a na distribuição das durações das atividades ou como um evento de risco, que seria o segundo caso.

No caso de eventos probabilísticos, eles geralmente são modelados através de distribuições discretas (define-se valores específicos que podem ocorrer e sua probabilidade de ocorrência), provenientes da análise qualitativa, histórico de eventos ou opinião de especialistas (Accioly e Gonçalves, 2008).

A aplicação de distribuições torna a incorporação de incertezas muito mais realista. Porém, para isso é necessário que sejam contempladas no modelo as distribuições que melhor ajustem e representem os dados. A forma de ajuste de uma distribuição de probabilidade varia a depender de como foram obtidos os dados, se por histórico ou por opinião de especialistas.

No caso de existirem dados históricos, após a realização da análise dos dados algumas características importantes já são sabidas. Então, neste momento deve-se escolher uma distribuição que de fato represente os dados originais. Existem softwares comerciais que realizam esses ajustes, como por exemplo, o BESTFIT, R, etc.

Segundo Vose (1996), existem diversos métodos desenvolvidos que permitem a análise da melhor distribuição que se ajusta aos dados, porém duas são mais utilizadas: critério de Kolmogorov-Smirnov (K-S), adequado para distribuições contínuas e critério da Qui-Quadrada, comum para distribuições discretas.

Nestes testes a distribuição teórica é comparada com a distribuição empírica, obtida através dos dados e como seu cálculo é obtido a partir da maior distância encontrada entre as duas distribuições, quanto menor seu valor, mais perto a distribuição teórica aparenta estar se ajustando aos dados, ou seja, maior sua aderência.

Existem também alguns métodos gráficos que permitem a comparação entre os dados e a distribuição ajustada. Eles proveem uma visão mais geral dos erros de uma forma que os testes estatísticos não conseguem e assim permitem a seleção da melhor distribuição de um jeito mais qualitativo e intuitivo (Vose, 1996). Um exemplo desse gráfico é o Quantil-Quantil (Q-Q).

No caso de não existirem dados históricos e eles serem obtidos através de opiniões de especialistas, estas estimativas se tornam subjetivas. Assim, além da incerteza da variável em si, acrescenta-se também a incerteza devido a

alguma falta de conhecimento da variável pelo especialista (Vose, 1996). Para esses casos, existem diversas técnicas que são úteis, são elas distribuições triangulares, uniformes, BetaPERT, cumulativas, discreta, entre outras.

Existem diversos problemas e cuidados inerentes à definição de distribuições com especialistas. Essas questões estão bem detalhadas em Vose (1996) e não serão explicadas nesta dissertação.

Dessas técnicas, uma de grande uso para modelagem de opiniões de especialistas é a triangular. Ela é de aplicação rápida, simples e de fácil visualização. Como essas distribuições possuem domínio fechado, deve-se ter um cuidado maior na definição dos valores mínimo e máximo, pois ao inserir essa distribuição como entrada na simulação tem-se a certeza que não ocorrerá nenhum valor abaixo ou acima dos valores mínimo e máximo, respectivamente (Accioly e Gonçalves, 2008).

#### **d) Modelagem das Dependências**

Um princípio fundamental de uma análise de risco é que os diversos cenários resultantes da simulação possam ser de fato vistos na vida real. Então o modelo deve ser capaz de evitar que alguma iteração resulte em algo que não pode ocorrer fisicamente (Vose, 1996).

Sendo assim, para Vose (1996), uma das restrições que devem ser observadas no modelo é a existência de interdependências entre seus componentes de riscos.

A correlação é uma medida do grau de relação entre duas variáveis aleatórias. A correlação pode ser positiva (índice próximo de 1) e negativa (índice próximo de -1). Se não houver correlação o índice resultante do cálculo é zero.

Segundo Vose (1996), existem três razões para existirem correlações entre os dados, são elas: existência de relação lógica entre as duas ou mais variáveis; existência de algum fator externo que afeta conjuntamente as variáveis; e, existência de correlação por acaso quando não existe correlação de fato.

Para Williamson, Sawaryn e Morrison (2006), problemas de correlação ocorrem geralmente quando estimativas separadas são agregadas, exemplo típico em estimativas de diversos poços.

Para identificar a existência de correlação entre os dados existem diversas medidas, sendo duas delas a de Pearson e a de Spearman. A de Pearson é mais utilizada quando a dependência entre as variáveis é linear e para cálculo

requer somente os dados a serem comparados e a de Spearman pode representar qualquer tipo de dependência, e além dos dados, requer a ordem (posto) dos dados quando comparada aos outros valores.

Segundo Accioly e Gonçalves (2008), o empenho em se analisar a correlação dos dados e considerá-la no modelo deve existir se há o interesse nos pontos extremos das distribuições finais, pois é nas caudas dessas distribuições que ocorrem o maior impacto, causando uma maior ou menor dispersão dos resultados, dependendo se a correlação for positiva ou negativa, respectivamente.

### **e) Simulação e Interpretação dos Resultados**

Uma vez finalizada as etapas de identificação de quais são as variáveis de entrada, de definição de suas distribuições e de verificação da existência de correlação entre os dados, a próxima etapa é a simulação propriamente dita da análise de risco de cronograma.

A simulação de Monte Carlo realiza diversas iterações, onde cada uma delas significa definir uma amostra de valores para cada variável de entrada, que combinados geram uma saída. Essa simulação requer um número razoável de iterações de forma a verificar o impacto das incertezas dos dados sobre os resultados finais, garantindo a convergência das distribuições de saída (Jacinto, 2009), bem como garantindo que os erros das estatísticas sejam pequenos (Accioly e Gonçalves, 2008).

Geralmente para rodar essa simulação, devido ao número elevado de cálculos, é usual utilizar alguma ferramenta ou software disponível no mercado. Softwares genéricos de Monte Carlo têm sido utilizados por diversas companhias, como por exemplo, Crystal Ball, @Risk, entre outros.

Após o término da simulação diversas análises podem ser feitas com os resultados de saída. É importante definir quais são os principais indicadores que devem ser quantificados, como por exemplo: duração total do projeto, data de entrada dos poços em produção, data de 1º óleo, probabilidade de atingir de alguma data esperada, impacto de determinadas atividades em a variável de saída, entre outros.

Em posse desses resultados, estes devem ser analisados de forma detalhada e rigorosa, para garantir que os mesmos estejam condizentes com a realidade.