

Análises RAM e de Medidas de Importância aplicadas a Sistemas de Secagem de Cascalho (SSC)

Maria Valentina Clavijo Mesa, Joaquin Eduardo Figueroa Barraza, Luis Felipe Guarda Brauning, Carlos Henrique Bittencourt Morais, Prof. Dr. Marcelo Ramos Martins

Laboratório de Análise, Avaliação e Gerenciamento de Risco – LabRisco, Universidade de São Paulo.

E-mail: valentina.clavijo@usp.br , mrmartin@usp.br

Danilo Colombo
PETROBRAS / CENPES, Brazil.
E-mail: colombo.danilo@petrobras.com.br

RESUMO

A segurança operacional das operações de perfuração offshore dependem de uma série de elementos de barreira de poço (WBE). Dentre eles, destaca-se a coluna de fluido de perfuração, presente em praticamente todas as etapas ligadas a essas atividades. Além da função de barreira, a coluna de fluido também responde pelo transporte dos cascalhos do poço. Para poder ser reutilizado, o fluido deve ser limpo dos cascalhos transportados. Esta operação é feita nos Sistemas de Secagem de Cascalho (SSC). Em caso de falha desses sistemas, a unidade de perfuração é obrigada a parar suas operações, incorrendo em downtime. O presente artigo apresenta uma análise de confiabilidade, disponibilidade e manutenção (RAM) associada a uma análise multicritério de Medidas de Importância (Birnbaum, Criticality, Risk Reduction Worth, Risk Achievement Worth e Fussell-Vesely) de uma configuração real de SSC de navio sonda (NS). Será explorado o aspecto conceitual das metodologias utilizadas: análise funcional, modelagem do sistema por meio de Diagrama de Blocos de Confiabilidade (RBD) e simulação de Monte Carlo (SMC). A análise mostra que o limpador de fluido, a centrífuga e o tanque de coleta são os componentes mais críticos do sistema. Também indica que uma manutenção preventiva mensal deve ser realizada a fim de se garantir a disponibilidade desejada para o sistema.

1. INTRODUÇÃO

A perfuração, uma das etapas da exploração de petróleo e gás, hoje objetiva cenários geológicos de grande complexidade, com elevadas profundidades. Como efluente da atividade exploratória há a geração de cascalho contaminados ou revestidos com fluido de perfuração. Uma legislação ambiental mais rigorosa e a necessidade de reduzir os custos de perfuração (prospecção e produção) apontam para a necessidade de otimização da separação e reciclagem do fluido de perfuração de poços de petróleo e gás [1].

Nesse contexto, analisar o Sistema Secador de Cascalho (SSC) é relevante, uma vez que é o sistema responsável pelo tratamento do fluido de perfuração removendo os cascalhos de rocha originados da operação de perfuração e transportados para a superfície nas unidades offshore. Neste sentido, os autores desenvolveram uma análise RAM (do inglês *Reliability, Availability and Maintainability*) e de Medidas de Importância para um SSC, a fim de apoiar a tomada de decisão pelos gestores deste sistema.

Assim, este resumo estendido está dividido em cinco seções, sendo a primeira seção correspondente a esta introdução. Posteriormente o sistema em estudo é detalhado e na terceira seção, a metodologia proposta para desenvolver a análise é discutida. A quarta seção apresenta os principais resultados obtidos durante o estudo e finalmente na quinta seção os autores expõem as conclusões da análise.

2. SISTEMA SECADOR DE CASCALHO (SSC)

Como foi apresentado durante a introdução, o SSC é responsável pelo processamento dos resíduos e a recuperação do fluido de perfuração que se encontra incorporado no cascalho. O cascalho e o fluido que chegam à superfície constituem importantes matérias de pesquisa geológica, fornecendo informações a respeito das formações perfuradas [2]. Portanto, os equipamentos utilizados na separação sólido/líquido visam maximizar a recuperação do fluido.

A **Fig. 1** apresenta o arranjo geral do SSC. Assim, a primeira etapa acontece quando o fluido transportado à superfície ingressa no sistema pelas peneiras e, mediante o movimento vibratório das peneiras, o cascalho coletado recebe uma primeira separação. O limpador de fluido é responsável pela recuperação de partículas, portanto a função conjunta das peneiras e o limpador permite obter uma porcentagem de fluido de perfuração limpo que é diretamente recuperado. No entanto, nesta primeira etapa não é possível recuperar 100% do fluido e por esta razão os equipamentos de controle de sólido fornecem cascalhos tratados que ainda precisam ser enviados ao secador de cascalho.

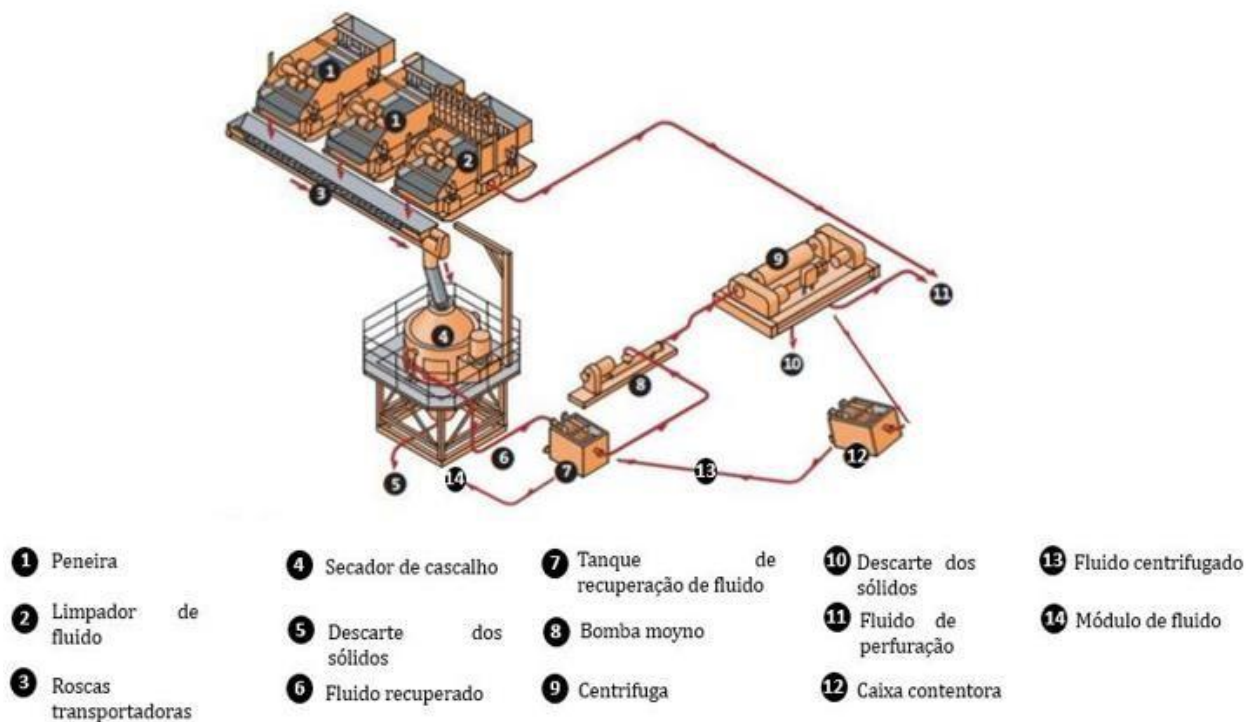


Fig. 1 - Arranjo geral do SSC em estudo

As roscas transportadoras encontram-se na parte frontal dos equipamentos de controle de sólidos, a fim de coletar e carregar os resíduos provenientes das peneiras e transportá-los até o secador de cascalho para continuar o processo de secagem. Uma vez que os cascalhos entram na secadora, palhetas ajustáveis direcionam continuamente os cascalhos para a superfície da tela e é neste equipamento que acontece a segunda separação [3]. O fluido recuperado é transferido por gravidade para o compartimento do catch tanque. A bomba moyno de transferência suga o fluido desse compartimento e envia para a centrífuga; a centrífuga reduz a quantidade de fluido sintético nos resíduos sólidos provenientes do secador a um teor inferior a 5% em massa, gerando assim uma maior recuperação do fluido. Note-se que neste ponto acontece a terceira separação, ou seja, uma parte do fluido é descartado e outro retorna para uma caixa contentora.

Da caixa contentora, o fluido centrifugado é direcionado por gravidade para o outro compartimento do catch tanque. No compartimento que armazena o fluido centrifugado existe uma segunda bomba moyno (bomba moyno de circulação) que suga o fluido processado, direcionando o mesmo para o manifold de fluido de onde, finalmente, o fluido é transferido para o módulo de fluidos da sonda.

3. METODOLOGIA

A metodologia proposta para executar a análise RAM e de Medidas de Importância do SSC em estudo consiste em quatro etapas. Na primeira etapa os autores desenham a análise funcional do sistema baseados no conhecimento preliminar que se tem sobre a funcionalidade de cada componente do sistema, relatórios operacionais disponibilizados pelos gestores dos sistemas e outras informações gerais que podem ser obtidas mediante revisão de literatura.

Já na segunda etapa, os autores propõem executar à análise de confiabilidade do sistema. Para esta fase da metodologia é requerido definir previamente as taxas de falha dos componentes do sistema e o tempo de missão no qual será avaliada sua confiabilidade. Particularmente, neste estudo os autores utilizaram a técnica de confiabilidade diagrama de blocos para avaliar o SSC (ver Fig. 2). Vale a pena ressaltar que a estrutura geral do sistema corresponde a um sistema em série. Portanto, a falha de qualquer um dos equipamentos da

Fig. 2 leva à falha do sistema, com exceção das roscas transportadoras, o funil belly e o sistema de vácuo. Nesse caso, a falha do sistema ocorre se as roscas apresentam falha junto com a falha ou do funil belly ou o sistema de vácuo.

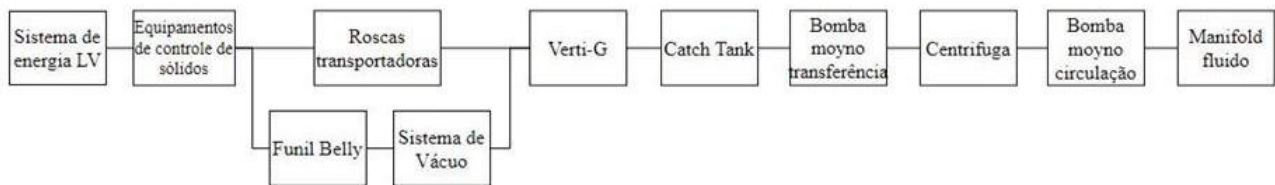


Fig. 2 - Diagrama de blocos do SSC em estudo

Após a estimativa de confiabilidade, os autores recomendam a implementação de Medidas de Importância a fim de obter o elenco de componentes críticos do sistema.

Uma vez que as técnicas tradicionais de confiabilidade não permitem modelar as transições de falha-reparo nos equipamentos, na terceira etapa a Simulação de Monte Carlo (SMC) é aplicada. Não obstante, antes da implementação da SMC, é necessário coletar informações sobre tempos de reparo dos equipamentos do sistema. Finalmente, na quarta etapa a metodologia proposta visa calcular a disponibilidade assintótica do sistema, ou seja, neste estudo foi estimado o estado estável da disponibilidade que é o ponto de estabilização onde a disponibilidade do sistema é aproximadamente um valor constante [4]; e para isso, os analistas sugerem utilizar os tempos simulados de inatividade do sistema obtidos durante a implementação da SMC na terceira etapa.

4. RESULTADOS

Os resultados da análise de confiabilidade são apresentados na Tabela 1. A análise mostra que os gestores deveriam definir a janela de verificação geral para que o sistema possa retornar à condição de “tão bom quanto novo” em um mês, uma vez que a confiabilidade do SSC diminui rapidamente (para um mês operacional a confiabilidade foi de 90,06% e para três meses 72,60%). Este comportamento da confiabilidade no SSC esta respaldada no fato de que o sistema não apresenta muitas redundâncias e, portanto, é um sistema quase em série, onde a falha de algum de seus equipamentos termina comprometendo a funcionalidade do sistema geral.

Tabela 1 – Valores de confiabilidade e não confiabilidade para diferentes tempos de missão.

CONFIABILIDADE					
Evento	1 mês	3 meses	6 meses	9 meses	12 meses
Falha Acumulada do SSC	9,940%	27,402%	47,303%	61,752%	72,242%
Confiabilidade do SSC	90,060%	72,598%	52,697%	38,248%	27,758%

Respeito à manutenibilidade, os resultados para os tempos de reparo são apresentados na Fig. 3. As simulações da operação do sistema SSC com um tempo de missão de um mês evidenciaram que é esperado que cerca de 75% dos tempos de indisponibilidade sejam inferiores a 4 horas. Sobre a disponibilidade do sistema, os analistas calcularam que para o SSC a disponibilidade assintótica se encontrasse ao redor de 99,65%.

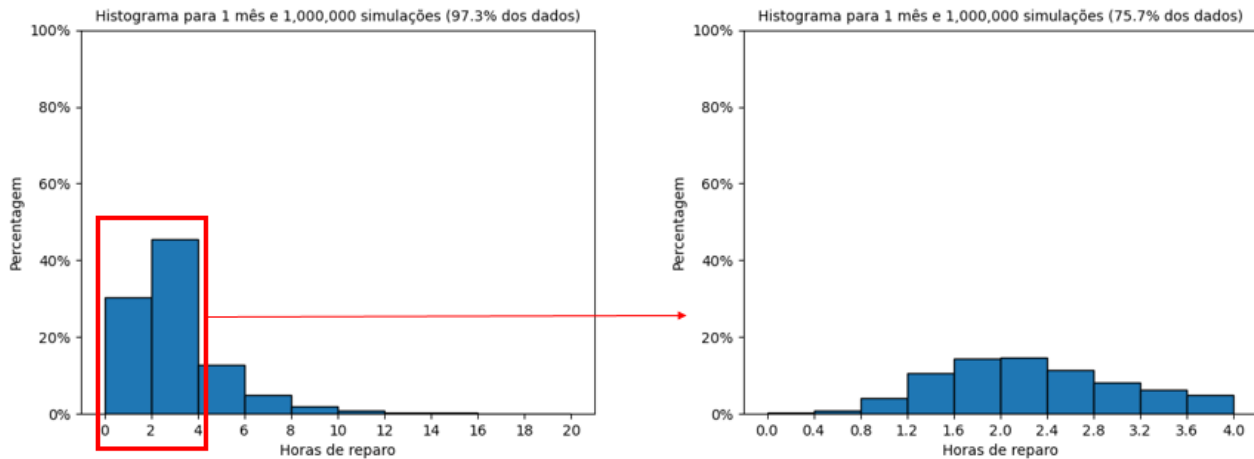


Fig. 3 – Histogramas para tempos de reparo.

Finalmente, a análise de Medidas de Importância concluiu que os gestores deveriam priorizar no SSC o limpador de fluido, a centrifuga e o tanque de recuperação, uma vez que os três equipamentos aparecem no top 5 das diferentes Medidas de Importância aplicadas.

5. CONCLUSÕES

Neste trabalho uma análise RAM de um sistema de apoio à produção em poços offshore foi desenvolvida, incorporando também uma análise de Medidas de Importância, a partir da qual foi possível identificar, através do emprego de cinco diferentes técnicas de avaliação de importância, o ranking dos componentes críticos do sistema.

Nesse sentido, os resultados obtidos mostram que a realização de uma manutenção preventiva mensal é essencial para assim manter a disponibilidade do sistema num intervalo aceitável, isto devido à queda de disponibilidade que o sistema recebe ao analisar a confiabilidade do sistema para um e três meses. A obtenção desses resultados, permitiu também identificar a distribuição dos tempos de reparo dos diferentes componentes, sendo esperado que cerca de 75% dos tempos de reparo sejam inferiores a 4 horas.

Por outro lado, mediante uma análise de Medida de Importância os autores identificaram que os três componentes mais críticos dentro do sistema correspondem ao limpador de fluido, a centrifuga e o tanque de recuperação.

Adicionalmente, os autores desenvolveram um site web a fim dos leitores interagirem melhor e aprofundar nos resultados obtidos. Reliability, Availability and Maintainability Analysis for Drilling Rigs' Cuttings Dryer (shinyapps.io)

REFÊRENCIAS

- [1] M. S. Pereira, *Caracterização de cascalho e lama de perfuração ao longo do processo de controle de sólidos em sondas de petróleo e gás*. 2010.
- [2] I. Petri, “Descontaminação de cascalhos de perfuração utilizando um secador micro-ondas semi-industrial em regime contínuo,” *Univ. Fed. Uberlândia*, p. 176, 2017.
- [3] GNSC, “Vertical Cuttings Dryer,” *GN Solids Control*, 2019. <https://gnsolidscontrol.com/vertical-cuttings-dryer>.
- [4] S. Bahri, F. Ghribi, and H. Ben Bacha, “A study of asymptotic availability modeling for a failure and a repair rates following a Weibull distribution,” *Reliab. Risk Anal. Theory Appl.*, vol. 2, pp. 30–42, 2009.