

Confiabilidade de sistemas de Posicionamento Dinâmico em embarcações de estimulação de poços

Maria Valentina Clavijo Mesa

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

E-mail: valentina.clavijo@usp.br

Joaquin Eduardo Figueroa Barraza

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

E-mail: joaquin.figueroa@usp.br

Luis Felipe Guarda Brauning

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

E-mail: felipe.guarda@usp.br

Carlos Henrique Bittencourt Moraes

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

E-mail: carlos.morais@usp.br

Danilo Colombo

PETROBRAS / CENPES, Brazil.

E-mail: colombo.danilo@petrobras.com.br

Marcelo Ramos Martins

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

E-mail: mrmarin@usp.br

RESUMO

A estimulação de poços offshore objetiva incrementar a produtividade de reservatórios em suas fases finais de ciclo de vida, consistindo, dessa forma, em uma atividade fundamental na consecução de metas estratégicas. Dentre as opções de processos de estimulação, encontra-se o emprego de embarcações de estimulação, com elevadas exigências de confiabilidade operacional. Nesse sentido, destaca-se a participação do sistema de posicionamento dinâmico (DP), cuja indisponibilidade afeta diretamente a confiabilidade geral da embarcação. O presente artigo aborda a análise de confiabilidade de um sistema DP de uma embarcação em operação no Pré-Sal. Serão detalhados os três principais subsistemas que compõem o sistema DP, energia, propulsão e controle, e os sistemas auxiliares que os suportam. Em seguida, serão apresentados os resultados obtidos através de análise RAM (confiabilidade, disponibilidade e manutenibilidade) e de Medidas de Importância Multicritério (determinação de componentes críticos) realizadas para o sistema DP em questão. Adicionalmente, os aspectos mais relevantes para a condução das análises, como o uso da Simulação de Monte Carlo (MCS) para a avaliação da disponibilidade e da manutenibilidade, serão pontuados. Por fim, serão apresentadas as conclusões obtidas, com indicação dos componentes mais críticos para a confiabilidade do sistema e estratégias de manutenção preventiva.

1. INTRODUÇÃO

Considerando-se que as operações de perfuração offshore consistem em operações complexas realizadas em condições extremas, os autores desenvolveram uma análise RAM (do inglês *Reliability, Availability and Maintainability*) e de medidas de importância para um sistema de posicionamento dinâmico, também chamado sistema DP (do inglês *Dynamic Positioning*) de uma embarcação de estimulação, a fim de apoiar a tomada de decisão pelos gestores deste sistema.

Assim, de acordo com [1] os navios DP podem ser definidos como navios capazes de manter sua posição por meio de propulsores assistidos por computador atuando contra as forças ambientais. Ainda segundo [1], os

sistemas DP são constituídos basicamente por três subsistemas: energia, propulsão e controle. Tais subsistemas são complementados por um conjunto de subsistemas auxiliares, os quais suportam a operação dos propulsores e os grupos diesel gerador.

Vale ressaltar que este resumo estendido está dividido em cinco seções, sendo a primeira seção correspondente a esta introdução. Posteriormente as características técnicas e operacionais do sistema DP em estudo são detalhadas 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. DESCRIÇÃO DO SISTEMA DP

Como foi mencionado previamente, o sistema DP consiste em três subsistemas principais: energia, propulsão e controle, assim como subsistemas auxiliares. O subsistema de energia compreende todos os componentes necessários para o fornecimento de energia aos equipamentos do sistema DP. Por sua parte o subsistema de propulsão é composto por todos os componentes necessários para fornecer empuxo e direção a embarcação, enquanto o subsistema de controle é o responsável por determinar a posição atual da embarcação, compará-la com a posição alvo e acionar o subsistema de propulsão com o propósito de efetuar as correções necessárias para restabelecer a posição [1], [2], [3]. Já os subsistemas auxiliares correspondem aos subsistemas de ar comprimido, combustível, lubrificação, resfriamento, e aquecimento e ventilação.

No caso particular da sonda em estudo, a energia é gerada por quatro conjuntos diesel gerador, que alimentam as três seções do quadro de distribuição principal (estas seções funcionam com tensão de 4.160 Volts). As três seções fornecem energia para os cinco propulsores, sendo que a primeira seção de média tensão fornece energia para o propulsor Z-Drive de bombordo e um dos propulsores Túnel; a segunda seção de média tensão fornece energia ao propulsor de boreste Z-Drive e ao propulsor Drop Down; e a terceira seção energiza o outro propulsor Túnel.

Adicionalmente, a primeira e a segunda seção de média tensão fornecem energia para a primeira e a segunda seção de baixa tensão, respetivamente, por meio de disjuntores e transformadores de tensão com relação de transformação 4.160/480 V. Assim, as três UPS do subsistema de controle recebem energia a partir destas seções de baixa tensão e conseguem energizar todos os componentes do subsistema de controle (computadores de controle, sensores ambientais e sistemas de referência de posição).

Com relação ao fluxo de informação, existem três estações de controle: duas principais e uma backup (Joystick independente). Todas possuem um computador de controle exceto a segunda estação principal que tem dois computadores. Adicionalmente, a sonda possui três unidades de cada um dos sensores ambientais Gyro, Wind e VRU (do inglês *Vertical Reference Unit*) e quatro sistemas de referência de posição (duas unidades DGPS, um LADAR e um RADAR).

Com relação aos subsistemas auxiliares, o estudo considera a falha dos subsistemas de resfriamento, combustível e lubrificação, uma vez que de acordo com a análise do modo e efeito de falha do sistema DP em estudo, a falha dos subsistemas de ar comprimido e aquecimento e ventilação não afetam o posicionamento da embarcação.

3. METODOLOGIA

A metodologia proposta para executar a análise RAM e de Medidas de Importância do sistema em estudo consiste em quatro etapas. Na primeira etapa os autores visam definir as características técnicas e operacionais do sistema mediante a implementação de análises funcionais e para isso o analista deve considerar o 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.

A segunda etapa corresponde 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. Desta maneira, os analistas aplicam alguma das técnicas de confiabilidade durante esta fase, ou seja, os analistas devem selecionar a técnica de avaliação de confiabilidade mais adequada para o sistema em estudo. Particularmente, os autores utilizaram árvores de falha para analisar o sistema DP. Considerando-se então que o resultado esperado da análise de confiabilidade é a quantificação da probabilidade de falha do sistema para o tempo de missão predefinido e a identificação dos componentes críticos do sistema, os autores recomendam a implementação de medidas de importância a fim de obter o elenco de componentes críticos dos sistemas em estudo.

Note-se que as medidas de importância atingem diferentes objetivos ao avaliar cada um dos componentes de um sistema, ou seja, existe a medida de importância Birnbaum a qual estabelece a taxa de alteração da confiabilidade do sistema em função da variação da confiabilidade do componente em análise, porém existe também a medida de importância de Criticidade, a qual indica a probabilidade de que a falha do componente em análise tenha causado a falha do sistema, dado que o sistema se encontra em estado de falha em um determinado tempo t , uma terceira medida de importância indica a redução relativa na probabilidade de falha do sistema dado que o componente em análise não falha (considera o componente como sendo perfeito) e esta medida é chamada RRW (do inglês *Risk Reduction Worth*). Por outro lado, existe a medida de importância RAW (do inglês *Risk Achievement Worth*) e a qual estabelece a alteração da probabilidade de falha do sistema dado que o componente em estudo falha (considera como zero a confiabilidade do componente). Finalmente a quinta medida de importância proposta neste estudo é a Fussell-Vesely, a qual fornece a contribuição fracionária para a probabilidade de falha do sistema considerando-se todos os cenários envolvendo a falha do componente em análise [4].

Seguindo com a metodologia proposta, 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 necessária a coleta de informações sobre tempos de reparo dos equipamentos do sistema. Finalmente, na quarta etapa a metodologia proposta visa calcular a disponibilidade do sistema e para isso, os analistas sugerem utilizar os tempos simulados de inatividade do sistema obtidos durante a implementação da SMC na terceira etapa. A seguir, são expostos os principais resultados obtidos durante a implementação desta metodologia para o sistema DP.

4. RESULTADOS

A análise de confiabilidade do sistema DP demonstrou que o sistema atingia uma confiabilidade de 95% aos quatro meses de operação, portanto, baseados nesta informação os gestores do sistema determinaram janelas de verificação geral para que o sistema possa retornar à condição de “tão bom quanto novo”, a fim de não comprometer a confiabilidade do sistema (ver **Fig. 1**).

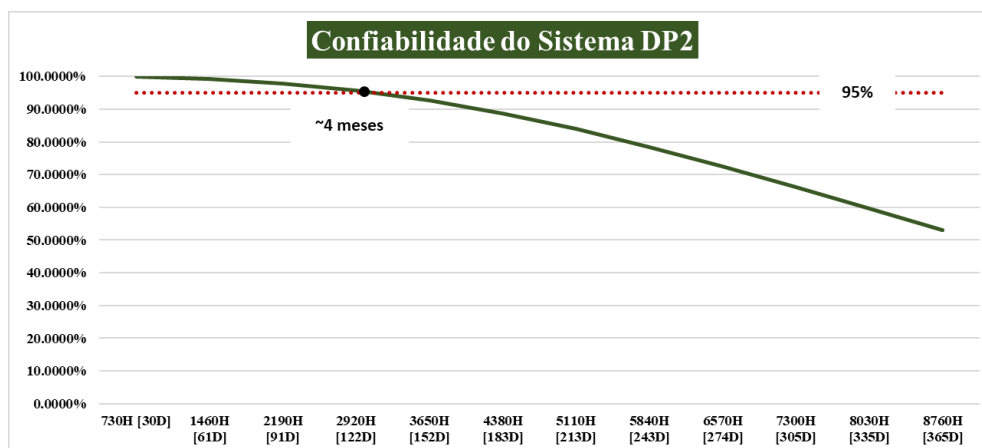


Fig. 1 - Resultados da análise de confiabilidade do sistema DP

Respeito à manutenibilidade, as simulações da operação do sistema DP com um tempo de missão de três meses evidenciaram que é esperado que cerca de 70% dos tempos de indisponibilidade sejam inferiores a 4 horas (ver **Fig. 2**).

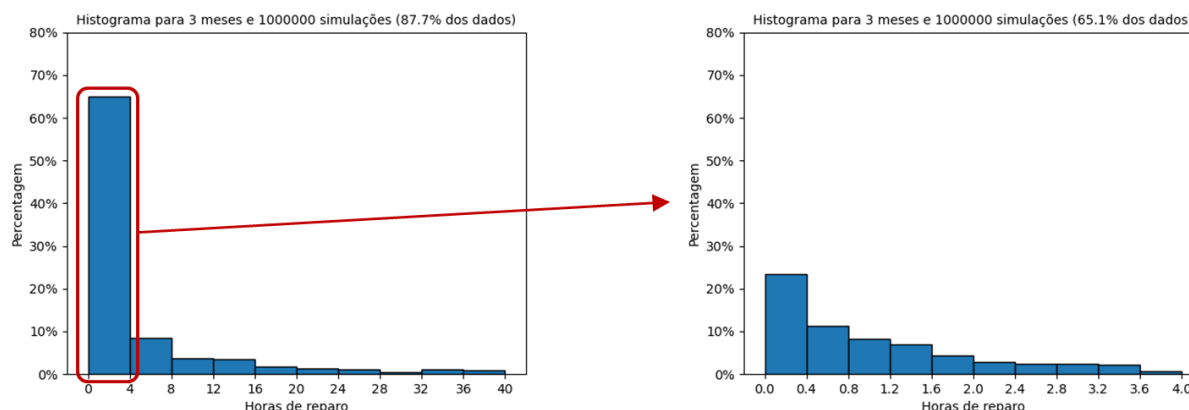


Fig. 2 - Resultados da análise de manutenibilidade do sistema DP

Sobre a disponibilidade do sistema, os analistas calcularam a disponibilidade assintótica, 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 [5]. Assim os analistas obtiveram que para o sistema DP esta disponibilidade se encontrasse ao redor de 99,97% para os diferentes tempos de missão avaliados. Finalmente, a análise de Medidas de Importância concluiu que os gestores deveriam priorizar no sistema DP as três seções do quadro de distribuição principal e os motores elétricos dos propulsores Z-Drive.

5. CONCLUSÕES

Neste trabalho uma análise RAM de um sistema DP de uma embarcação em operação no Pré-Sal 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 dos sistemas em estudo. Vale ressaltar que esta relação de componentes críticos apoia a tomada de decisão dos gestores destes sistemas, uma vez que é possível priorizar a aplicação dos recursos destinados às ações de manutenção e controle do sistema.

Adicionalmente, os autores reconhecem a necessidade de gerar bancos de dados que permitam suportar estas análises, uma vez que a informação coletada pela indústria poderia ser uma informação útil como benchmarking das companhias, mas a possibilidade de usar informação pontual das operações da companhia permitiria que os analistas incluíssem, por exemplo, os tempos logísticos na análise de disponibilidade ou a probabilidade de ter um erro durante os reparos pela equipe de manutenção, gerando assim análises ainda mais próximas da realidade atual das companhias da indústria de óleo e gás.

REFÊRENCIAS

- [1] IMO, "International Maritime Organization," *Int. J. Mar. Coast. Law*, vol. 3, no. 3, pp. 235–245, 1994, doi: 10.1163/187529988X00184.
- [2] ABS, "Guide for Dynamic Positioning Systems," *Am. Bur. Shipp.*, 2013, [Online]. Available: https://www.eagle.org/eagleExternalPortalWEB/ShowProperty/BEARepository/Rules&Guides/Current/191_DPSguide/Guide.
- [3] DNV, "Dynamic Positioning Systems," *Det Nor. Verit.*, 2013.
- [4] M. Van Der Borst, "An overview of PSA importance measures," *Reliab. Eng. Syst. Saf.*, vol. 72, no. 3, pp. 241–245, 2001, doi: 10.1016/S0951-8320(01)00007-2.
- [5] 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.