

9º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS



9º CONGRESSO
Brasileiro de P&D em
PETRÓLEO E GÁS

Maceió, AL
de 09 a 11 de novembro
2017

Realização:



ABPG
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE P&D EM
PETRÓLEO E GÁS



TÍTULO DO TRABALHO:

DESENVOLVIMENTO DE ÁRVORES DE FALHA PARA BARREIRAS DE SEGURANÇA DE POÇOS

AUTORES:

Adriano da Silva Rocha

João Paulo Lima Santos

Eduardo Toledo de Lima Junior

INSTITUIÇÃO:

Universidade Federal de Alagoas – UFAL

Este Trabalho foi preparado para apresentação no 8º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Petróleo e Gás - 9º PDPETRO, realizado pela Associação Brasileira de P&D em Petróleo e Gás - ABPG, no período de 09 a 11 de novembro de 2017, em Maceió/AL. Esse Trabalho foi selecionado pelo Comitê Científico do evento para apresentação, seguindo as informações contidas no documento submetido pelo(s) autor(es). O conteúdo do Trabalho, como apresentado, não foi revisado pela ABPG. Os organizadores não irão traduzir ou corrigir os textos recebidos. O material conforme, apresentado, não necessariamente reflete as opiniões da Associação Brasileira de P&D em Petróleo e Gás. O(s) autor(es) tem conhecimento e aprovação de que este Trabalho seja publicado nos Anais do 9º PDPETRO.

DESENVOLVIMENTO DE ÁRVORES DE FALHA PARA BARREIRAS DE SEGURANÇA DE POÇOS

Abstract

In studies about oil well integrity, an important concept that must be addressed is the one of the well safety barriers, which represents complex systems of equipment and components found since the well drilling and along its lifetime. They act avoiding the occurrence of unwanted flows and pressure transmission from the external environment to the well and from the opposite direction. Regular wells have their barriers arranged in two different and independent systems (a primary and a secondary system), configuring in well integrity failure only when fault happens on both systems simultaneously. For its part, in order to occur a fault on a system, it is sufficient that only one of its components fails. While evaluating the well integrity through a probabilistic approach it is possible to obtain a reliability indicator of the well safety barrier availability (when working on the pre-established scenarios). However, to determine the well failure probability it is necessary to know the existing relationships between the well barrier elements and between the primary and secondary well barrier systems. Those relationships can be properly described by a fault tree model. Within this scope, this paper has as objective to create the fault tree model of a well during the drilling stage, establishing the bases for future probabilistic analysis.

Introdução

Ao longo da construção e operação de um poço de petróleo, um dos eventos que oferece grande risco é a ocorrência de um blowout, que se caracteriza pelo fluxo desordenado de hidrocarbonetos através do poço para a superfície, fundo do mar ou outra formação em contato com o poço. A ocorrência de um blowout geralmente vem acompanhada de explosões e incêndios além de grandes derramamentos de óleo e liberação de gás para a atmosfera, o que resulta em danos às vidas dos trabalhadores, ao meio ambiente e também danos financeiros à empresa (SANTOS, 2013). Sendo assim, evitar a ocorrência de blowouts é questão de segurança, logo, faz parte dos projetos de poços implementar meios para mitigar o risco de ocorrência de fluxos indesejados de fluidos de uma formação em direção à superfície ou a outras formações em contato com o poço.

Quando se trata de contenção de fluidos no interior de um poço há dois importantes conceitos relacionados ao tema que devem ser destacados: integridade de poço e barreiras de segurança. Na indústria petrolífera o termo integridade de poço está relacionado com a capacidade que o poço tem de não permitir a passagem desordenada de fluidos da formação para o meio externo através do poço. A norma NORSOK D-010 (2004) conceitua formalmente a integridade de poço como “Aplicação de soluções técnicas, operacionais e organizacionais para reduzir o risco de descargas não controladas de fluidos do reservatório ao longo do ciclo de vida do poço” (tradução livre).

Já o conceito de barreiras de segurança é amplamente aceito na indústria petrolífera como equipamentos e barreiras mecânicas utilizadas no poço com a função de garantir a integridade do mesmo. A NORSOK D-010 (2004) institui o conceito de barreira de segurança como “Invólucro de um ou mais elementos de barreira que previnem líquidos ou gases de migrarem de forma não intencional de uma formação para outra formação ou para a superfície” (tradução livre).

Define-se ainda o termo “elementos de barreira” como “objeto que sozinho é incapaz de prevenir o fluxo de um de seus lados para o outro de si mesmo” (NORSOK, 2004, tradução livre), ou seja, elementos de barreiras seriam equipamentos isolados usados para conter fluxo (packer, plugs de

cimento, revestimento) enquanto o termo barreira de segurança faz menção ao uso combinado desses equipamentos.

Dessa forma, do ponto de vista da segurança de poço, tem-se que a integridade de poço é a condição segura que se tem como objetivo garantir, já as barreiras de segurança são o meio pelo qual se atinge a integridade do poço, possibilitando sua funcionalidade.

Metodologia

Como já dito anteriormente, as barreiras de um poço são os equipamentos utilizados para evitar a ocorrência de fluxos desordenados e garantir a integridade deste. Nesse escopo, um conceito importante para o presente trabalho é o de Conjunto Solidário de Barreiras – CSB, proposto por Miura (2004). De acordo com Miura um CSB é definido por um “conjunto composto de uma ou mais barreiras, apto a impedir o fluxo não intencional dos fluidos de um intervalo permeável considerando todos os caminhos possíveis”. Segundo a NORSOK D-010 (2004), norma do órgão regulador norueguês que trata da integridade de poços, e o Regulamento Técnico do Sistema de Gerenciamento da Integridade de Poços (SGIP), da ANP, a integridade de um poço deve ser garantida por meio de no mínimo dois CSB’s disponíveis em cada ciclo de vida do poço, sendo esses CSB’s identificados como primário e secundário de acordo com a sua proximidade ao reservatório, o primário o mais próximo e o secundário o mais distante. É considerado que os fluxos indesejados ocorrem através de 4 caminhos principais que levam à superfície do solo ou à outra formação permoporosa. Ressalta-se que o fluxo não necessariamente ocorre em um caminho exclusivo, podendo haver migração de uma via para outra, desde que haja comunicação entre elas. Os caminhos de fluxo são:

- 1- Através da coluna (de perfuração, produção ou qualquer outra finalidade).
- 2- Através do poço (o anular entre a coluna e o revestimento).
- 3- Através do anular formado entre revestimentos.
- 4- Através das rochas no entorno do poço.

Sendo assim, a metodologia empregada ao trabalho foi de identificação dos CSB’s usados em um poço em perfuração, descritos na NORSOK D-010 (2004), e construção da árvore de falha, capaz de caracterizar os eventos necessários para ocorrência de um blowout, de acordo com os elementos de barreiras empregados em cada caminho de fluxo. Na figura 1 abaixo são mostradas as formas de representação usadas para eventos e relações lógicas nas árvores de falhas:

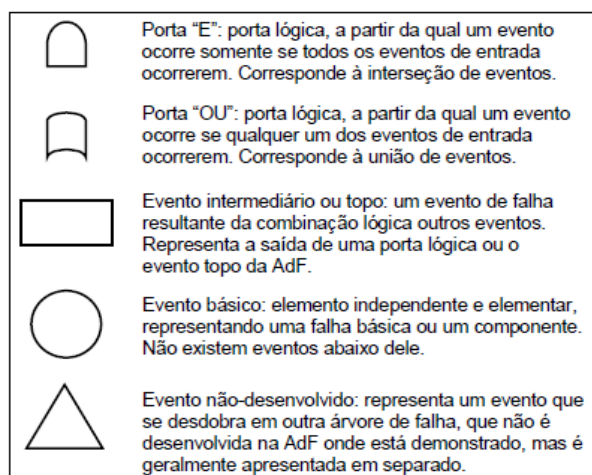


Figura 1: Representações para eventos e portas lógicas em uma árvore de falhas. Fonte: Fonseca, 2012.

Resultados e Discussão

Para o caso de um poço sendo perfurado com uma coluna de perfuração cisalhável os CSB's primário e secundário são compostos por:

CSB Primário: fluido de perfuração (impede o fluxo em todos os caminhos, exceto através da formação) e formação no trecho do poço aberto (impede o fluxo no caminho que passa através das rochas no entorno do poço).

CSB Secundário: formação na altura da sapata do último revestimento assentado (atua no caminho rocha), revestimento (atua no caminho poço), cimento de revestimento (atua no caminho anular), cabeça de poço (atua nos caminhos poço e anular), riser de alta pressão (atua nos caminhos coluna e poço) e BOP de perfuração (atua nos caminhos coluna e poço).

A figura 2 abaixo ilustra um poço e suas barreiras. Na ilustração os elementos de barreira do CSB primário são mostrados na cor azul e os elementos de barreira do CSB secundário na cor vermelha:

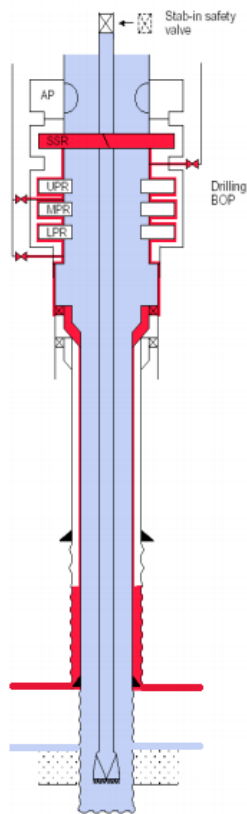


Figura 2: CSB's de um poço em perfuração com coluna cisalhável. Fonte: adaptado de NORSOK D-010

A árvore de falhas para tais barreiras, que leva a uma falha catastrófica de integridade que resulta em um blowout, é mostrada na figura 3 abaixo:

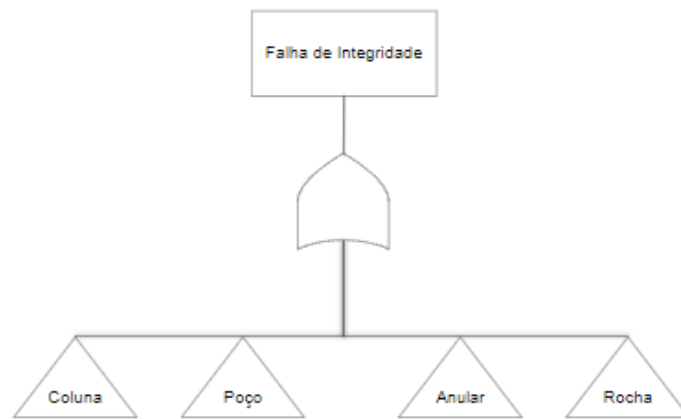


Figura 3: Árvore de falha de integridade em poços em perfuração. Fonte: autor.

Onde cada evento externo representado por triângulos é uma outra árvore de falha, sendo construída uma para cada caminho. As árvores são mostradas nas figuras 4, 5, 6 e 7 abaixo, onde cada evento básico de falha, representado por um círculo, corresponde à falha do elemento de barreira especificado na árvore:

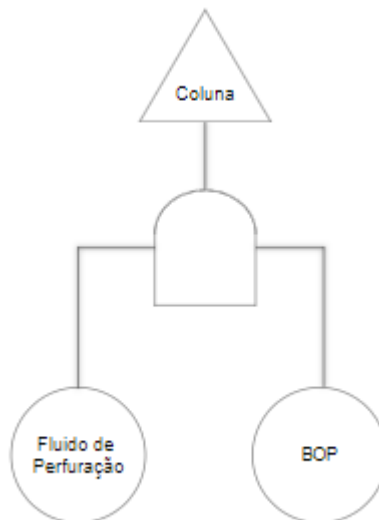


Figura 4: Árvore de falha para o caminho coluna. Fonte: autor.

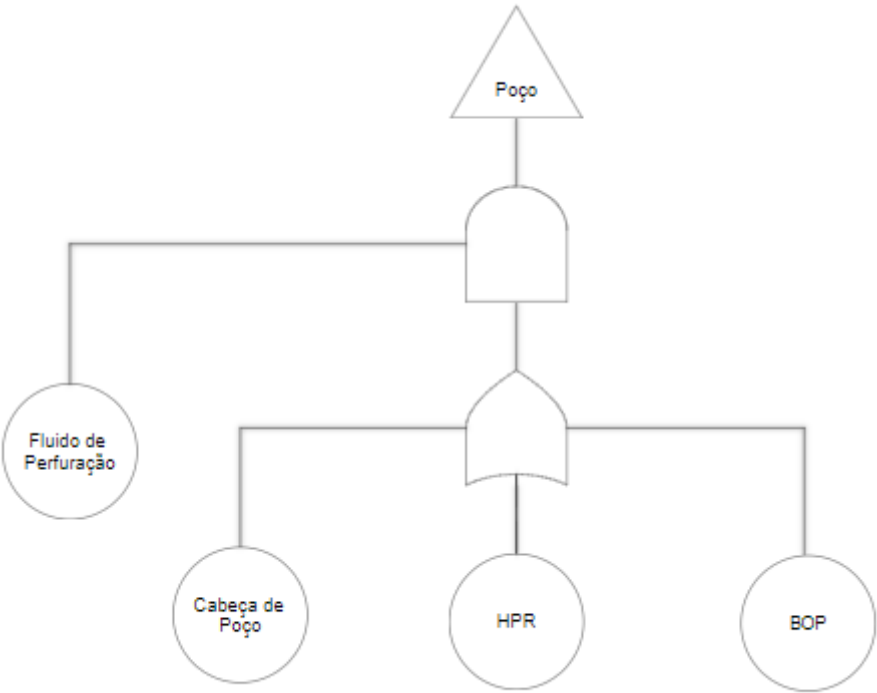


Figura 5: Árvore de falha para o caminho poço. Fonte: autor.

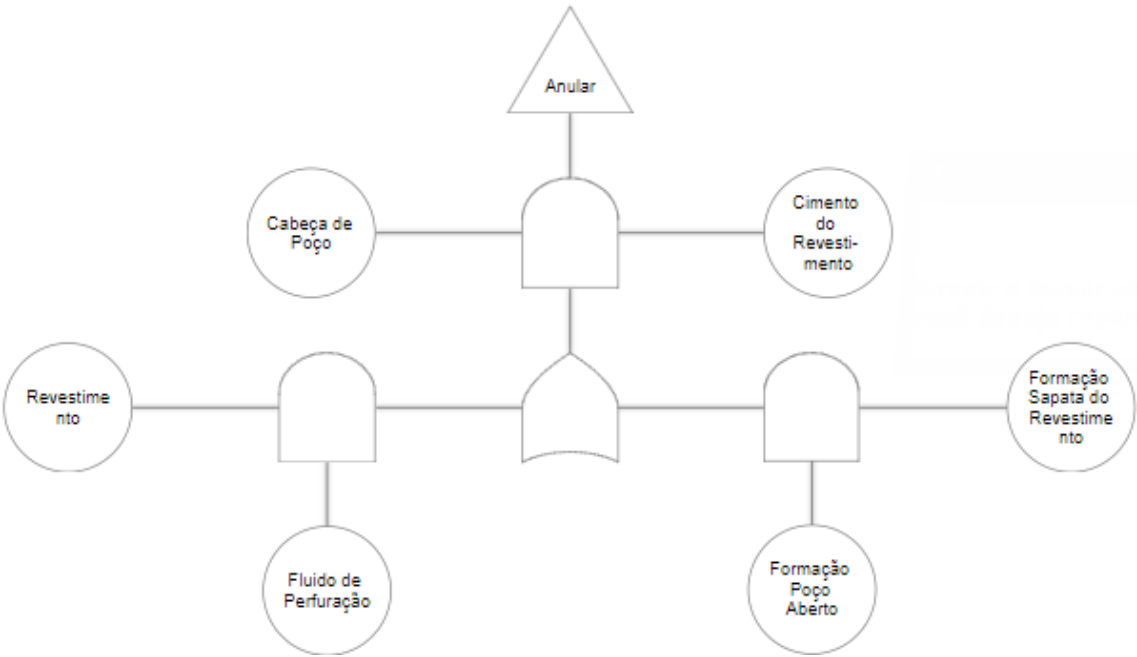


Figura 6: Árvore de falhas para o caminho anular. Fonte: autor.

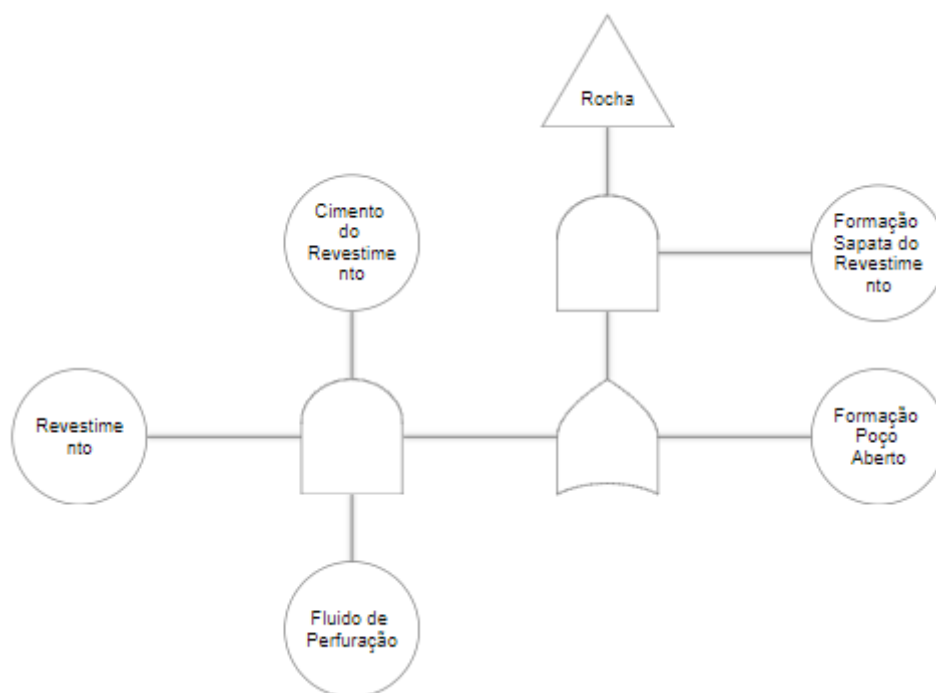


Figura 7: Árvore de falha para o caminho rocha. Fonte: autor.

Conclusões

Os resultados obtidos foram árvores de falha que descrevem as formas de perda de integridade através de cada caminho de fluxo. A análise por árvore de falhas permite o cálculo da probabilidade de falha do evento topo, que seria de falha de integridade, para isso é necessário o cálculo da probabilidade de ocorrência de cada evento presente na árvore de falha. Sendo assim, os resultados aqui apresentados abrem a possibilidade de continuidade e desenvolvimento desse trabalho para uma análise probabilística, permitindo chegar a valores de confiabilidade para projetos de perfuração de poços de petróleo.

Referências Bibliográficas

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO. **REGULAMENTO TÉCNICO DO SISTEMA DE GERENCIAMENTO DA INTEGRIDADE DE POÇOS (SGIP)**. Resolução nº 46, de 01 de novembro de 2016. Disponível em: <<https://www legisweb.com.br/legislacao/?id=330646>>. Acesso em: 15 jun. 2017.

FONSECA, T. C. **Metodologia de Análise de Integridade para Projetos de Poços de Desenvolvimento da Produção**. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, 2012.

MIURA, K. **Um Estudo sobre a Segurança Operacional na Construção e Reparo de Poços Marítimos de Petróleo**. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas, 2004.

NORSOK STANDARDS. **NORSOK D-010: Well integrity in drilling and well operations**, 2012.

SANTOS, O. L. A. **Segurança de Poço na Perfuração**. Petrobras, Blucher, 2013.