

SIMULAÇÃO DA ASSINATURA DE PRESSÃO DE UMA ESDV

SIMULATION OF THE ESDV PRESSURE SIGNATURE

Sandro Marcos de Gouveia¹

Daniel Francisco Bristot²

Dr. Thomas Gabriel Rosauro Clarke³

RESUMO

A análise operacional de equipamentos submarinos é extremamente necessária para o processo de exploração de petróleo e gás. Um dos equipamentos que desempenham a função de segurança nas operações submarinas são as *ESDV* (*Emergency Shutdown Valve*). A válvula possui a função de isolar a plataforma do sistema submarino em caso de problemas na produção. Um diagnóstico correto sobre a operação pode evitar intervenções não programadas. Esta análise pode ser conduzida através do estudo da assinatura de pressão da *ESDV*, onde é possível relacionar uma correta operação do sistema com a assinatura. Com isso, o presente artigo tem por objetivo obter a assinatura de pressão de uma *ESDV* através de simulação no software *SimulationX* e estimar as pressões na operação de acionamento (abertura e fechamento), bem como, o tempo para cada operação.

Palavras-chaves: *ESDV*; Assinatura de Pressão; Pontos Notáveis; *SimulationX*.

ABSTRACT

The operational analysis of submarine equipment is extremely necessary for the oil and gas exploration process. One of the equipment that performs the safety function in underwater operations is the Emergency Shutdown Valve (ESDV). The valve has the function of isolating the platform from the submarine system in case of production problems. A correct diagnosis of the operation can prevent unscheduled interventions. This analysis can be conducted through the ESDV pressure signature study, where it is possible to relate a correct operation of the system with the signature. Therefore, the objective of this paper is to obtain the pressure signature of an ESDV through simulation in the software SimulationX and to estimate the pressures in the drive operation (opening and closing), as well as the time for each operation.

Key-Words: ESDV; Pressure Signature; Key Points; SimulationX.

¹Mestrando no PPGE3M, UFRGS, sandromarcosgouveia@gmail.com

²Mestrando no PPGE3M, UFRGS, dfrancisc@gmail.com

³Professor no PPGE3M, UFRGS, tclarke@demet.ufrgs.br

1 - INTRODUÇÃO

1.1 - ESDV NO CENÁRIO SUBMARINO

A exploração dos campos de petróleo em alto mar está associada a dois conjuntos de sistemas, um acima da superfície marinha e outro abaixo conforme Figura 1. Os sistemas de superfície devem fornecer os recursos que possibilitem o funcionamento dos conjuntos que se localizam abaixo da superfície, no leito marinho (LIA, 2014).

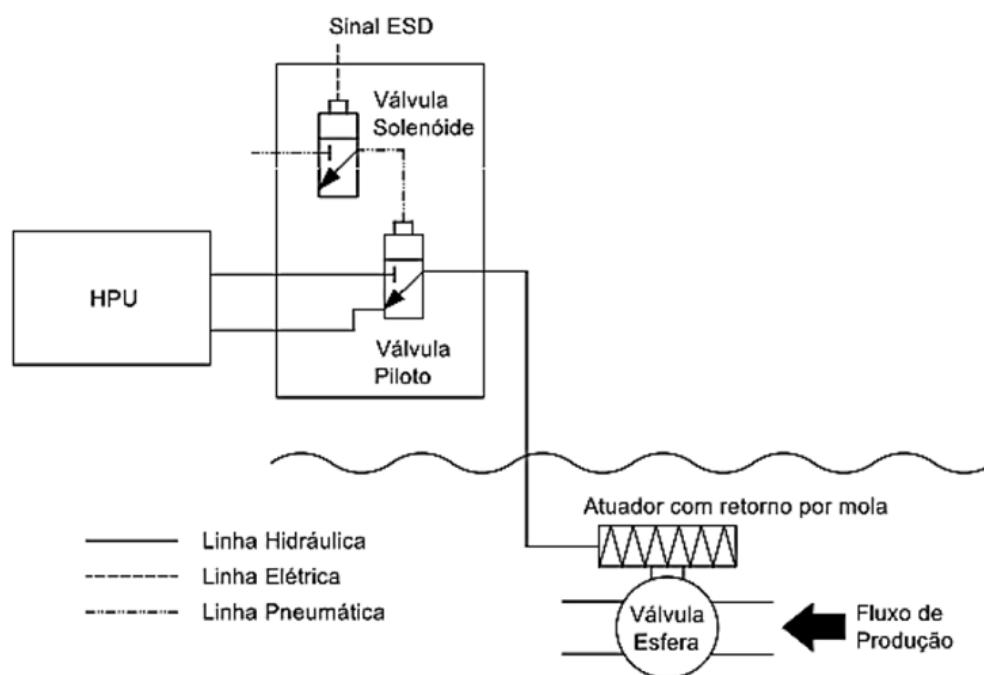


Figura 1 - ESDV no sistema submarino

Cada um dos componentes que fazem parte dos sistemas de exploração exigem os cuidados relativos à sua manutenção, confiabilidade e funcionalidade. A verificação destes equipamentos incluem manutenções programadas, isto pode ocasionar a parada de produção e consequentemente perdas financeiras (JUNIOR, 2009).

Entre alguns componentes do processo que demandam um monitoramento constante, estão as válvulas de emergência ESDV (*Emergency Shutdown Valve*). Um funcionamento anormal pode indicar alguma degradação da ESDV, logo sua função de segurança poderá deixar de ser exercida levando a plataforma a riscos e paradas. Para evitar uma anormalidade na ESDV, uma análise pode ser conduzida estudando-se a assinatura de pressão, pois, através

dela, pode-se concluir se a *ESDV* está se degradando e impactando nos níveis de pressões no acionamento. Com isso, o entendimento sobre o comportamento da assinatura de pressão é essencial para um prognóstico correto sobre seu funcionamento e desempenho de segurança (GRECHI; ALVES, 2016).

1.2 - VÁLVULAS DE EMERGÊNCIA – *ESDV*

As válvulas de emergência utilizadas em ambientes submarinos, geralmente são do tipo esfera ou gaveta. Estes tipos de válvulas possuem duas funções principais, permitir ou impedir a passagem do fluido pela válvula. Neste artigo serão abordadas as válvulas esferas para aplicação submarina que geralmente possuem seu acionamento por um atuador hidráulico acoplado na parte superior da válvula conforme Figura 2. A abertura da válvula acontece com a pressurização de uma câmara hidráulica e geralmente ocasiona o avanço de um pistão, o movimento do pistão é então transmitido a um mecanismo que transforma o movimento linear em angular. Esta mudança de movimento possibilita a rotação de uma haste ligada ao corpo da esfera que permite a abertura e fechamento da válvula. O movimento angular que possibilita a passagem ou o impedimento do fluido é limitado a 90° , ou um quarto de volta, onde para 0° a válvula está fechada e para 90° a válvula está completamente aberta (LENNERTZEN, 2015).

As *ESDV* contam com um dispositivo que ocasiona o retorno do pistão independente da pressurização ao lado oposto da câmara de avanço. O dispositivo que impõem o movimento de retorno e conseqüentemente o fechamento da válvula é caracterizado, normalmente, por uma mola. No avanço do pistão a mola é comprimida e armazena uma energia potencial elástica. Quando não existe pressurização do fluido hidráulico na câmara do atuador, a mola tende a retornar ao seu estado inicial liberando a energia armazenada, isto produz o retorno do pistão e ocasiona o fechamento da válvula. Com isso, a válvula *ESDV* exerce a função de segurança caso o sistema de pressurização apresente alguma falha (EUTHYMIU, 2013) (MASHIBA, 2011).

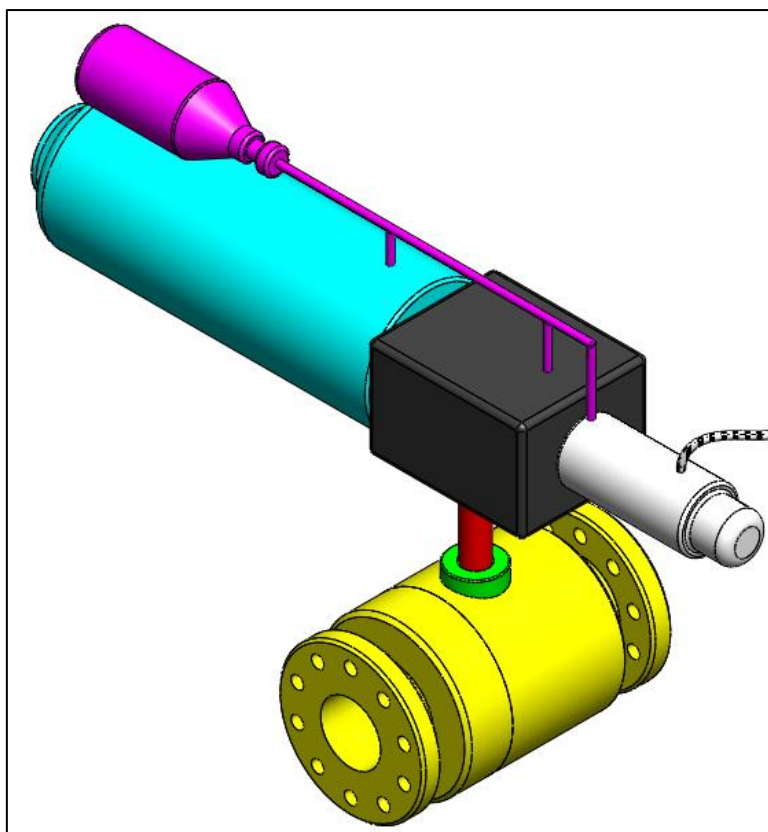


Figura 2 - Conjunto *ESDV* - Atuador e Válvula

1.3 - ASSINATURA DE PRESSÃO DE UMA *ESDV*

As pressões necessárias que o sistema de alimentação deve fornecer para o pistão comprimir a mola pode indicar se o sistema está operando de maneira correta. Além da pressão que ocasiona a compressão da mola, existem os atritos internos relacionados ao avanço do pistão no atuador hidráulico e os atritos devido à rotação da esfera ocasionada pelos contatos nas sedes que necessitam serem superados para a abertura da válvula.

Os perfis de pressões podem ser visualizados em um gráfico temporal onde a abertura e fechamento da válvula pode ser relacionado com níveis de pressões conforme Figura 3, onde o eixo y e x indicam a pressão e o tempo respectivamente. Essas relações indicam a pressão necessária para um movimento específico da *ESDV*, como o início e o fim da abertura. No perfil de pressão alguns pontos podem ser identificados, sendo chamados de pontos chaves ou pontos notáveis (EUTHYMIU, 2013).

Analisando estes pontos de pressões e assumindo que as condições de operação da válvula permanecem constantes, para cada nova assinatura de pressão extraída, os pontos não devem apresentar variação considerável. Se o um ponto chave se deslocar no gráfico, o conjunto está demandando uma pressão maior para iniciar algum movimento, com isso, é possível relacionar este aumento de pressão com a degradação de um componente do conjunto, ocasionando um aumento de atrito. Com isso, analisando os gráficos de pressão é provável dar um parecer sobre o funcionamento da válvula e estabelecer limiares de operação segura a partir dos pontos de pressão de uma válvula em condições normais para níveis de degradação aceitáveis dos componentes.

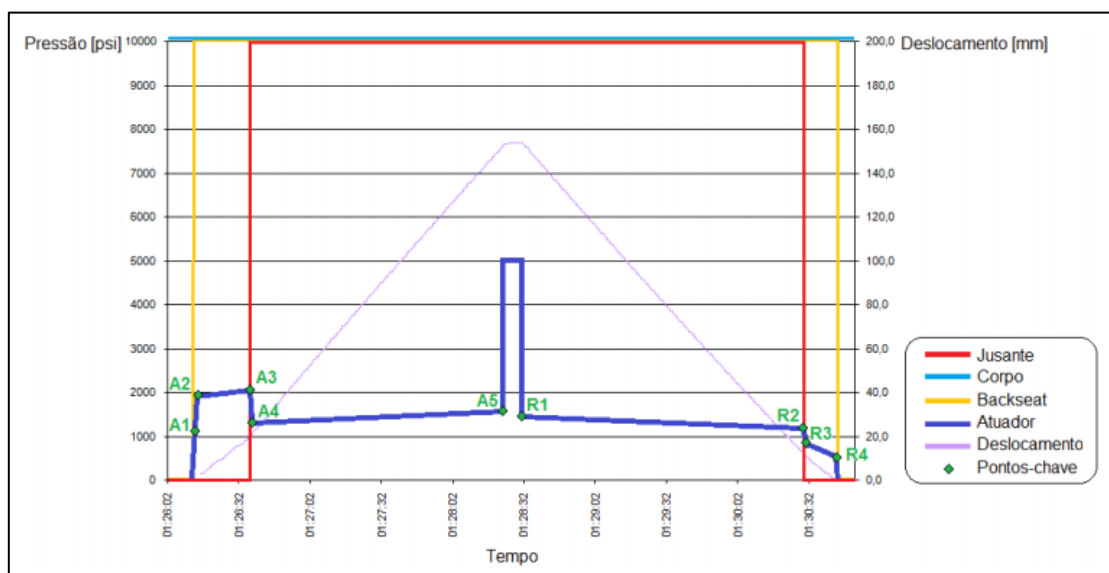


Figura 3 - Assinatura de pressão de uma válvula

2 - DESENVOLVIMENTO

SimulationX é um software desenvolvido pela *ITI* na Alemanha que permite idealizar, modelar e simular sistemas de engenharia em seus vários ramos de aplicação. O software é baseado em blocos que simulam o comportamento dos modelos físicos.

Entre as diversas bibliotecas dentro do software, a *ITI* em parceria com a *AGITO*, desenvolveu uma biblioteca específica para componentes submarinos (*SubSea Hydraulics*). Esta biblioteca contém os componentes mais usados em simulações submarinas como *HPU*

(*Hydraulic Power Unit*), umbilicais, válvulas direcionais, sistemas de compensação, válvulas esferas entre outros componentes (WANG; LIANG, 2017).

A partir dos componentes disponibilizados na biblioteca, é possível construir um modelo que reproduza a dinâmica do comportamento da válvula durante a sua abertura e fechamento conforme Figura 4. O software ainda permite extrair a assinatura de pressão de uma válvula esfera.

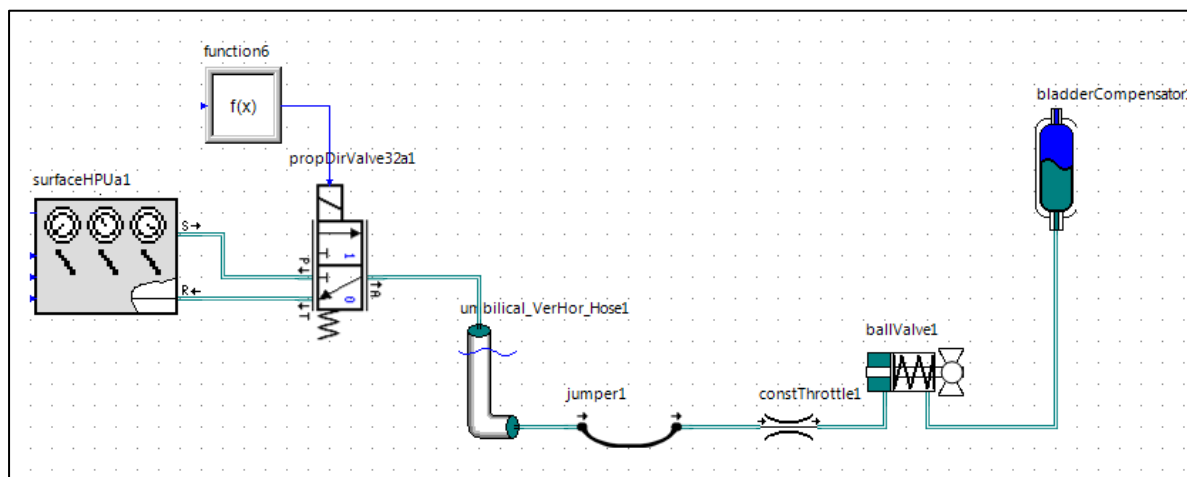


Figura 4 - Ambiente SimulationX - Modelo ESDV Simulado

A simulação de uma válvula esfera *ESDV* será conduzida dentro do ambiente do *SimulationX* a partir da modelagem da Figura 4. Da posição fechada até a posição aberta é necessário um deslocamento de 0.3 metros do pistão. Todos os componentes utilizados para compor o sistema submarino foram obtidos dentro da biblioteca *SubSea Hydraulics* do software. A válvula será simulada a uma profundidade de 800 metros a partir da superfície do mar. O umbilical possui um total de 1200 metros de extensão desde a *HPU* até um *jumper*. O *jumper* possui 70 metros de comprimento. Ambos possuem um diâmetro de 6.35 mm (1/4").

O sistema de compensação é simulado através do elemento *bladderCompensator1* da biblioteca do software. A pressão exercida por este componente é a pressão hidrostática do local de instalação da *ESDV*.

A pressurização do umbilical se inicia no instante zero da simulação e sua despressurização, ou corte na alimentação hidráulica para o umbilical, ocorre 150 segundos após o início da simulação através de uma válvula direcional localizada na superfície. A simulação completa leva 300 segundos.

Será simulado um atrito antes e depois do ponto A3, denominado Atrito 1 e Atrito 2 respectivamente. O intuito é simular uma queda de pressão e conseqüentemente uma mudança no valor de atrito da *ESDV*. A queda de pressão que ocorre no ponto A3 também é conhecida como *crack-open*. Ela é resultado do giro da válvula esfera que proporciona uma área mínima na passagem do fluido no interior da válvula esfera da montante para a jusante. Com isso, as pressões da montante e jusante se equalizam e o atrito inicialmente alto tende a diminuir.

A Tabela 1 exibe os dados de entrada utilizados para a simulação no SimulationX.

Tabela 1 - Dados de entrada no SimulationX

Dados <i>ESDV</i>		Dados Processo/Ambiente	
Diâmetro Pistão	0.1 [m]	Pressão HPU	200 [bar]
Diâmetro Haste	0.05 [m]	Diâmetro Umbilical	0.00635 [m]
Stroke	0.3 [m]	Comprimento Umbilical Vertical	800 [m]
Constante Mola	169331[N/m]	Comprimento Umbilical Horizontal	400 [m]
Força pré-carga Mola	60343 [N]	Diâmetro Jumper	0.00635 [m]
Atrito 1	15000 [N]	Comprimento Jumper	70 [m]
Atrito 2	5000 [N]	Densidade fluido de controle	1044 [Kg/m ³]
-	-	Densidade água mar	1030 [Kg/m ³]
-	-	Instante para abertura <i>ESDV</i>	0 [s]
-	-	Instante para fechamento <i>ESDV</i>	150 [s]

3 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 - ASSINATURA DE PRESSÃO

A resposta do sistema pode ser analisada a partir das pressões exercidas na câmara do atuador para a abertura da válvula ou o seu fechamento. As pressões que originam o movimento do pistão podem ser relacionadas com a Figura 5. Esta figura é a assinatura de pressão da válvula no ambiente submarino. Para o avanço, os pontos A1 e A5 são analisados, pois correspondem ao início e fim da abertura respectivamente. Para o retorno, R1 e R4 são analisados, pois são o início e fim do fechamento respectivamente.

A válvula inicia a sua abertura (A1) com 156.55 bar e está completamente aberta (A5) com 208.5 bar. Para o fechamento, a depressurização do umbilical deve atingir um valor de 195.77 bar para se iniciar do movimento de retorno (R1) e 118.35 bar para o completo fechamento da válvula (R4) esfera em condições normais.

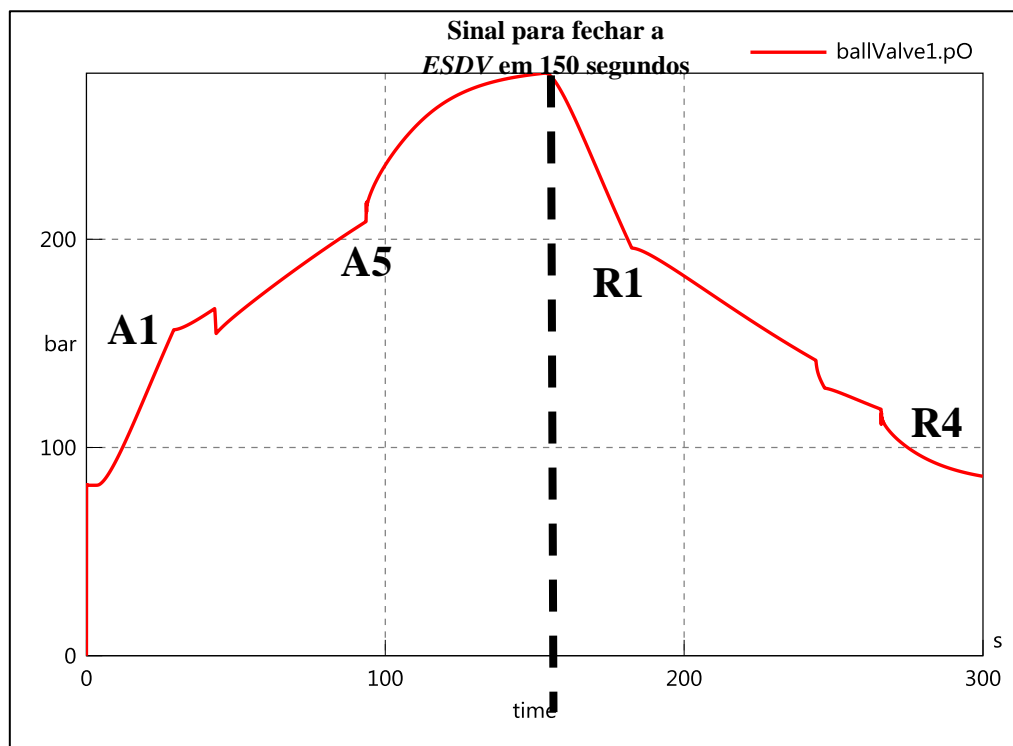


Figura 5 - Pressão de acionamento - Assinatura de Pressão

3.2 - DESLOCAMENTO DO PISTÃO

A Figura 6 apresenta o deslocamento do pistão em milímetros resultante da pressurização (bar) da câmara do atuador hidráulico através da tubulação umbilical pela HPU em função do tempo decorrido na simulação. No tempo aproximado de 29.25 segundos a válvula inicia a sua abertura e sai da sua posição inicial definida como zero. Aos 93.55 segundos a válvula se encontra totalmente aberta e o deslocamento total do pistão é 0.3 metros. A pressurização é mantida por 150 segundos.

Ao depressurizar a linha que alimenta o atuador hidráulico, a mola libera a energia armazenada pela sua compressão e inicia o retorno do pistão no segundo 182.3 em conjunto

com o sistema de compensação. O completo fechamento da válvula neste cenário ocorre aproximadamente no segundo 265.88 onde o pistão retorna para a posição inicial de 0 metros.

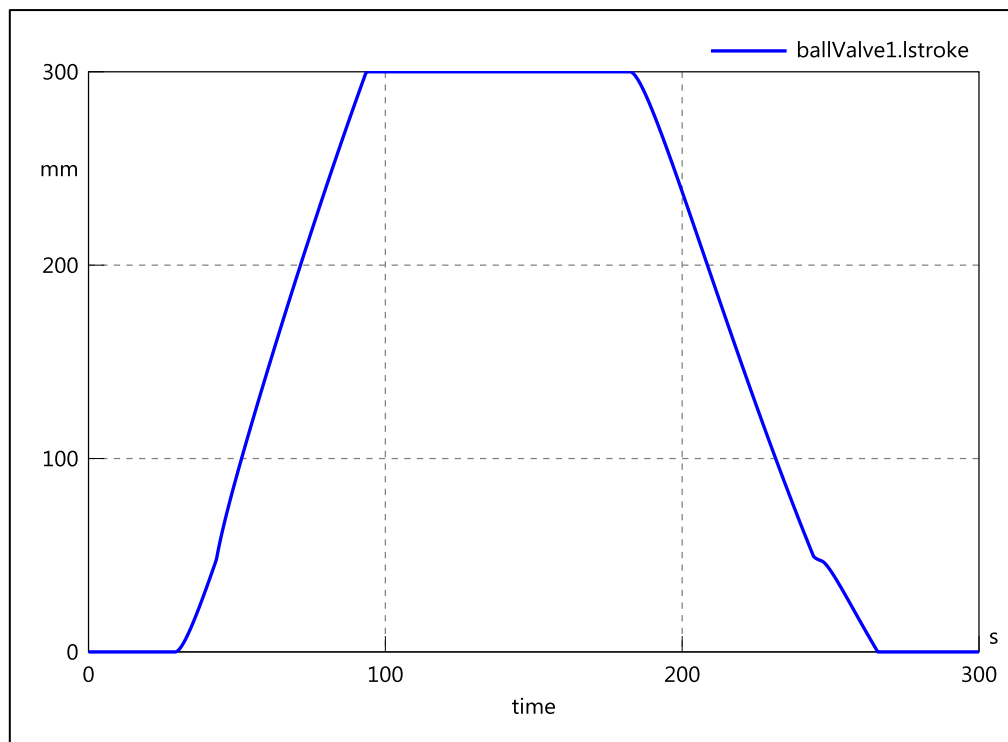


Figura 6 - Deslocamento do pistão do atuador hidráulico

3.3 - VOLUME DE FLUIDO NAS CÂMARAS DE ACIONAMENTO

O preenchimento total das câmaras de avanço e retorno representada respectivamente pelas variáveis “ballValve1.VA” e “ballValve1.VB”, é exibido na Figura 7 onde o eixo y representa o volume (em litros) no interior de cada câmara. O ponto onde a câmara do avanço é completamente preenchida com o fluido de trabalho condiz com o tempo onde o deslocamento do pistão atinge o seu limite de 0.3 metros no tempo de 93.55 segundos. Como as câmaras de acionamento e retorno trabalham de maneira oposta, quando o preenchimento é iniciado em uma, a outra expulsa o fluido de pressurização.

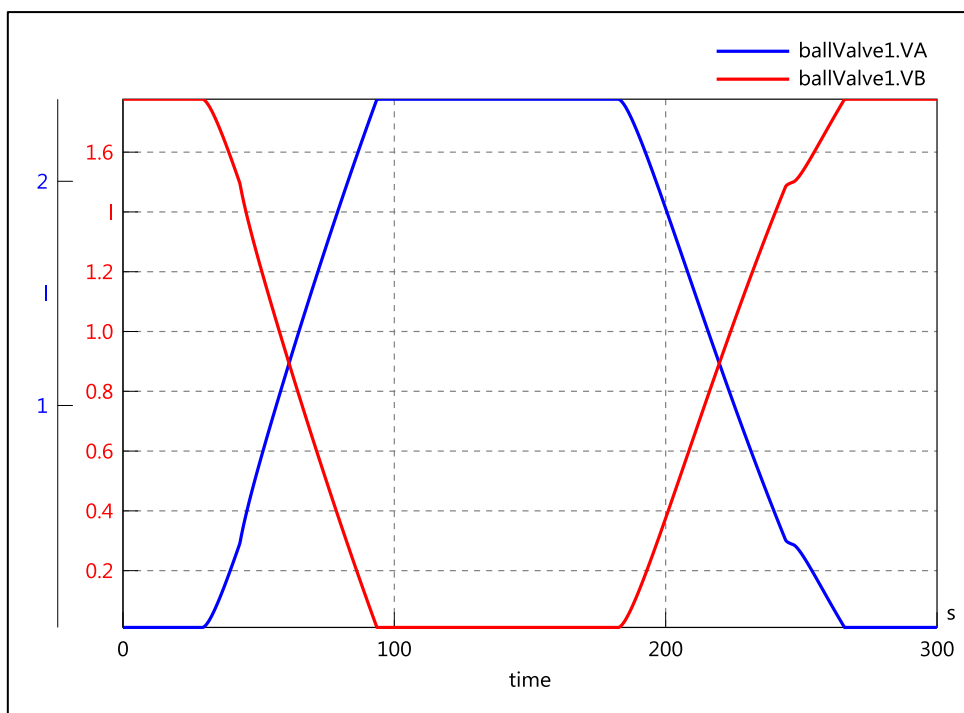


Figura 7 - Volume deslocado nas câmaras do atuador

3.4 - PRESSÃO E DESLOCAMENTO

Para uma melhor compreensão sobre o que acontece durante o avanço ou retorno do pistão juntamente com a pressão na câmara de avanço, a Figura 8 foi elaborada a fim de sobrepor os resultados de pressões e deslocamento do conjunto atuador e válvula. Para cada início ou fim de movimento do pistão a pressão na câmara de avanço sofre alterações. Analisando-se o eixo do tempo em conjunto com a Tabela 2, conclui-se que a operação de abertura levou 64.3 segundos, já para o fechamento foram necessários 83.6 segundos para o fechamento da válvula.

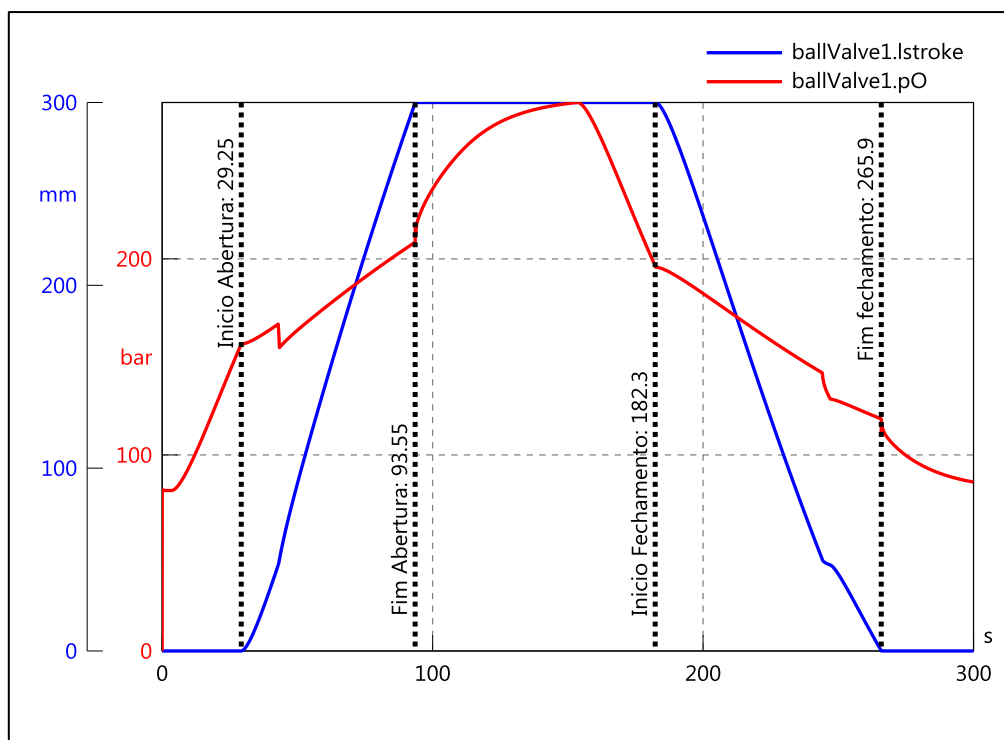


Figura 8 - Pressão e deslocamento da válvula com os tempos

Após o instante de 93.55 segundos, a pressão na câmara de acionamento atingiu a pressão de trabalho fornecida pela *HPU*, definida como 200 bar acrescido da pressão hidrostática do fluido de pressurização dentro do umbilical, totalizando 279.7 bar. Este valor se mantém até o tempo de 150 segundos, onde o sinal de retorno da *ESDV* é emitido na superfície. A câmara de avanço é então despressurizada, e a força que a mola está exercendo em sentido contrário ao pistão resulta no fechamento da válvula. Existe um atraso entre o sinal da superfície e o real retorno do pistão correspondente a 32.3 segundos.

Analisando a Figura 3 e relacionando-a com a Figura 8, foram determinados os pontos notáveis desta simulação na Tabela 2, que indica a pressão e o instante de cada início de movimento da *ESDV*.

Tabela 2 - Pontos chaves da assinatura de pressão

Ponto Chave [-]	Descrição [-]	Pressão [bar]	Tempo [s]
A1	Início abertura	156.55	29.25
A5	Fim abertura	208.5	93.55
R1	Início fechamento	195.77	182.30
R4	Fim fechamento	118.35	265.90

O sistema demandou de 32.3 segundos para despressurizar o umbilical e iniciar o fechamento (R1). A operação que fecha a *ESDV* levou 83.90 segundos (R4 – R1). Desde o sinal que induz o fechamento da superfície até o fechamento completo da *ESDV*, se passaram 115.90 segundos. Uma análise mais detalhada destes tempos podem ser um indicativo para se verificar se a *ESDV* está operando dentro dos limites seguros para o fechamento em caso de emergências.

4 - CONCLUSÕES

Neste artigo, um sistema submarino foi simulado para estimar a assinatura de pressão e então os tempos de acionamento no avanço e retorno juntamente com as pressões necessárias da operação. Existe um atraso entre o sinal de fechamento e o início da operação de fechar da *ESDV*. A análise sobre o atraso, através da assinatura de pressão, pode indicar se a *ESDV* deve ser instalada nas condições simuladas a fim de garantir um fechamento em caso de emergência dentro de um tempo pré-definido.

Para um conjunto de válvula *ESDV* com degradação em alguns dos seus componentes, os pontos notáveis se deslocarão no gráfico da assinatura no eixo de pressão e no eixo do tempo. Compreendendo a influência da degradação de cada componente na assinatura de pressão, é possível estimar a condição em que a válvula está operando e fornecer um parecer sobre a sua integridade e funcionamento com base na assinatura.

O software *SimulationX* se mostra uma ferramenta poderosa para a simulação de componentes submarinos e permite analisar as respostas dinâmicas do processo e seus detalhes a fim de se entender quais parâmetros podem exercer impacto significativo a uma assinatura de pressão.

5 - REFERÊNCIAS

EUTHYMIIOU, J. E. 2013. *Metodologia para modelagem da evolução da probabilidade de falha, decorrente da degradação funcional de válvulas*. Rio de Janeiro, RJ. Tese de Doutorado. UFRJ, 253 p.

GRECHI, P. H., ALVES, A.. R. 2016. Estudo comparativo entre sistemas submarinos de isolamento (SSIV) com válvulas submarinas de isolamento (SSIV) do tipo esfera e gaveta. *Produto & Produção*, 17(2), p 71-89.

JUNIOR, J. F. 2009. *Programação de parada de plataforma marítima utilizando o método da corrente crítica*. São Paulo, SP. Dissertação de Mestrado. USP, 133 p.

LENNERTZEN, J. A. 2015. *Testing and performance of production- and safety critical valves used in gas pipelines*. Stavanger, Gasco. Master's Thesis, University of Stavanger, 82 p.

LIA, B. A. 2014. *Development, modeling and simulation of test equipment for subsea choke valves*. Stavanger, Gasco . Master's Thesis, University of Agder, 167 p.

MASHIBA, M. S. 2011. *A influência dos parâmetros de operação e projeto no desempenho de atuação hidráulica de válvulas submarinas do tipo gaveta*. Rio de Janeiro, RJ. Dissertação de Mestrado. UFRJ, 214 p.

WANG, X., & LIANG, H. 2017. Simulation study of subsea control system based on simulationx. *Boletín Técnico*, 17, p 307-314.