



As Engenharias agregando Conhecimento em Setores Emergentes de Pesquisa e Desenvolvimento

Franciele Braga Machado Tullio
Lucio Mauro Braga Machado
(Organizadores)


Ano 2021



As Engenharias agregando Conhecimento em Setores Emergentes de Pesquisa e Desenvolvimento

Franciele Braga Machado Tullio
Lucio Mauro Braga Machado
(Organizadores)

Atena
Editora
Ano 2021

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense
Prof^ª Dr^ª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof^ª Dr^ª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof^ª Dr^ª Ivone Goulart Lopes – Instituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^ª Dr^ª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Prof^ª Dr^ª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof^ª Dr^ª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^ª Dr^ª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^ª Dr^ª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof^ª Dr^ª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^ª Dr^ª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof^ª Dr^ª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Prof^ª Dr^ª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof^ª Dr^ª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Prof^ª Dr^ª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof^ª Dr^ª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido

Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfnas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília

Prof^ª Dr^ª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás

Prof^ª Dr^ª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof^ª Dr^ª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina

Prof^ª Dr^ª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília

Prof^ª Dr^ª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina

Prof^ª Dr^ª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira

Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra

Prof^ª Dr^ª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras

Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia

Prof^ª Dr^ª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco

Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará

Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí

Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas

Prof^ª Dr^ª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof^ª Dr^ª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará

Prof^ª Dr^ª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma

Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados

Prof^ª Dr^ª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino

Prof^ª Dr^ª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof^ª Dr^ª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof^ª Dr^ª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Prof^ª Dr^ª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof^ª Dr^ª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^ª Dr^ª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof^ª Dr^ª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^ª Dr^ª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Prof^ª Dr^ª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Prof^ª Dr^ª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Prof^ª Dr^ª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof^ª Dr^ª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof^ª Dr^ª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Prof^ª Dr^ª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Prof^ª Dr^ª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Prof^ª Dr^ª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais
Prof. Me. Alexandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Prof^ª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof^ª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Prof^ª Dr^ª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof^ª Dr^ª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Prof^ª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Prof^ª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Prof^ª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar

Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Me. Fabiano Eloy Atilio Batista – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR

Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^ª Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Ma. Lilians Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Prof^ª Dr^ª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Prof^ª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
Prof^ª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^ª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior
Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
Prof^ª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Prof^ª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Prof^ª Dr^ª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa
Prof^ª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco
Prof^ª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
Prof^ª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Prof^ª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
Prof^ª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí
Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

As engenharias agregando conhecimento em setores emergentes de pesquisa e desenvolvimento

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Vanessa Mottin de Oliveira Batista
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizadores: Franciele Braga Machado Tullio
Lucio Mauro Braga Machado

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E57 As engenharias agregando conhecimento em setores emergentes de pesquisa e desenvolvimento / Organizadores Franciele Braga Machado Tullio, Lucio Mauro Braga Machado. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-769-7

DOI 10.22533/at.ed.697211102

1. Engenharia. I. Tullio, Franciele Braga Machado (Organizador). II. Machado, Lucio Mauro Braga (Organizador). III. Título.

CDD 620

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa.

APRESENTAÇÃO

A obra “As Engenharias Agregando Conhecimento em Setores Emergentes de Pesquisa e Desenvolvimento” contempla vinte capítulos em que os autores abordam suas pesquisas aplicadas nos mais diversos setores da engenharia.

Pesquisas relacionadas a propriedades físico-químicas de materiais e desenvolvimento de novos produtos com a finalidade de aplicar na indústria.

Desenvolvimento de novos materiais e aplicação de inteligência artificial para utilização na medicina também são abordados.

Geração de energia, desenvolvimento de projetos sustentáveis e tratamento de efluentes são assuntos em evidência no meio acadêmico.

Por fim, estudo sobre a gestão de projetos de obras de arte especiais com a finalidade de auxiliar os gestores na tomada de decisões e intervenções nas mesmas.

Esperamos que esta obra promova ao leitor o desejo de desenvolver ainda mais estudos, agregando mais conhecimento em setores de pesquisa e desenvolvimento. Boa leitura!

Franciele Braga Machado Tullio
Lucio Mauro Braga Machado

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

CONSTRUÇÃO DE IMPELIDORES POR MANUFATURA ADITIVA: UMA METODOLOGIA PARA O ENSINO DE OPERAÇÕES UNITÁRIAS

Tadeu Henrique Aparecido da Silva

Monica Taís Siqueira D'Amelio

DOI 10.22533/at.ed.6972111021

CAPÍTULO 2..... 17

DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE ACIDEZ E PERÓXIDO NO ÓLEO DE FRITURA UTILIZADO NO REFEITÓRIO DO IFMT – CAMPUS CONFRESA

Fábio Gonçalves Marinho

Felipe Gimenes Rodrigues Silva

Ulisses Alberto Rodrigues da Silva

Milton Fantinell Junior

Carlos Bonfim Gonçalves Marinho

Geovana Rodrigues Soares

DOI 10.22533/at.ed.6972111022

CAPÍTULO 3..... 22

ESTUDO DA SEDIMENTAÇÃO DESCONTÍNUA DE CaCO_3 E Ca(OH)_2 EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES VISANDO A SEPARAÇÃO DE PARTICULADO

Dinalva Schein

Carolina Smaniotto Fronza

Gabriela Aline Kroetz Bremm

Isaac dos Santos Nunes

Andréia Monique Lermen

Naiara Jacinta Clerici

Paula Gabriela Dalla Porta

Suelyly Ribeiro Hollas

DOI 10.22533/at.ed.6972111023

CAPÍTULO 4..... 33

FUNCIONALIZAÇÃO DO TERPOLÍMERO ACRILONITRILA-BUTADIENO-ESTIRENO COM ANIDRIDO MALEICO – UMA REVISÃO DA LITERATURA

Carlos Bruno Barreto Luna

Danilo Diniz Siqueira

Eduardo da Silva Barbosa Ferreira

Edson Antonio dos Santos Filho

Edcleide Maria Araújo

DOI 10.22533/at.ed.6972111024

CAPÍTULO 5..... 54

ANÁLISE DE DESGASTE NAS LASTRINAS DA CAIXA MATRIZ NA INDÚSTRIA DE REVESTIMENTOS CERÂMICOS

Tiago da Silva Fernandes

Anderson Daleffe

DOI 10.22533/at.ed.6972111025

CAPÍTULO 6..... 68

ANÁLISE QUÍMICA E ÂNGULO DE CONTATO DE FILMES FORMADOS POR BLENDA DE POLIESTIRENO/POLI(CAPROLACTONA) FOTODEGRADADAS POR LUZ ULTRAVIOLETA

Catarina Barbosa Levy

Maria Oneide Silva de Moraes

Walter Ricardo Brito

João de Deus Pereira de Moraes Segundo

DOI 10.22533/at.ed.6972111026

CAPÍTULO 7..... 75

APLICAÇÃO DE NANOBIMATERIAIS NO TRATAMENTO DE FERIDAS

Rayanne Cornelio Silva Carvalho

Deuzuita dos Santos Freitas Viana

Vicente Galber Freitas Viana

DOI 10.22533/at.ed.6972111027

CAPÍTULO 8..... 87

INFLUÊNCIA DA CONCENTRAÇÃO DE FERROCARBONILA EM MATERIAIS ABSORVEDORES DE RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA

Cecília Maia Corsato

Nicholas Eras Fonseca

Bruno Ferraz Donati

Gustavo Freitas de Souza

Rademaks Bento de Oliveira

Valdirene Aparecida da Silva

DOI 10.22533/at.ed.6972111028

CAPÍTULO 9..... 96

INCORPORAÇÃO DE FIBRAS DE POLIPROPILENO RECICLADAS EM COMPÓSITO CONCRETO

Gabriela T. Santiago

Matheus Vosgnach

Vinício Ceconello

Edson Francisquetti

Mara Andrade Zeni

DOI 10.22533/at.ed.6972111029

CAPÍTULO 10..... 105

ANÁLISE DO ÂNGULO DE INCLINAÇÃO SOLAR DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS PARA LOCALIDADES NO BAIXO TOCANTINS – PA

Marinaldo de Jesus dos Santos Rodrigues

Silvio Bispo do Vale

Tatiane Perna Rodrigues

DOI 10.22533/at.ed.69721110210

CAPÍTULO 11	117
SIMULAÇÃO ENERGÉTICA PARA RECUPERAÇÃO DE CALOR DO AR EM AGÊNCIAS BANCÁRIAS	
Alexandre Fernandes Santos	
Jeová Alves Diniz Junior	
Heraldo José Lopes de Souza	
DOI 10.22533/at.ed.69721110211	
CAPÍTULO 12	131
USO DO SISTEMA DX (EXPANSÃO DIRETA) PARA SISTEMAS GEOTÉRMICOS EM CURITIBA	
Alexandre Fernandes Santos	
Paulo Henrique Colombo	
Heraldo José Lopes de Souza	
Fabio Francisco Ferreira	
DOI 10.22533/at.ed.69721110212	
CAPÍTULO 13	143
MÉTODOS DE APRENDIZAGEM DE MÁQUINA APLICADOS NA CLASSIFICAÇÃO DE NÍVEIS DE APNEIA UTILIZANDO SINAIS DE ELETROCARDIOGRAMA	
João Pedro dos Santos Silva	
Pedro Henrique dos Santos Almeida	
Letícia Chaves Lima Cananéa	
Helder Alves Pereira	
DOI 10.22533/at.ed.69721110213	
CAPÍTULO 14	153
ANÁLISE E SIMULAÇÃO DE CONTROLE VOLUMÉTRICOS E DINÂMICOS EM SISTEMAS DE PERFURAÇÃO DE POÇOS PETROLÍFEROS	
Juliana Gomes da Silva	
Savio Raider Matos Sarkis	
DOI 10.22533/at.ed.69721110214	
CAPÍTULO 15	173
UTILIZAÇÃO DO MÉTODO DE ANÁLISE HIERÁRQUICA (AHP) COMO FERRAMENTA DE AUXÍLIO MULTICRITÉRIO NO PROCESSO DE DECISÃO DE PRIORIZAÇÃO DE PROJETOS DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO NA AMAZÔNIA AZUL	
Andrezza de Oliveira Agápito	
Dalessandro Soares Vianna	
Marcilene de Fátima Dianin Vianna	
Edwin Benito Mitacc Meza	
DOI 10.22533/at.ed.69721110215	
CAPÍTULO 16	185
IMPLANTAÇÃO DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA EM COMPLEXO ALIMENTÍCIO INDUSTRIAL	
Yuri de Oliveira Godoy	

Aldo Muro Júnior

DOI 10.22533/at.ed.69721110216

CAPÍTULO 17..... 196

AVANÇOS PARA MELHORIA DA RESISTÊNCIA À INCRUSTAÇÃO EM MEMBRANAS DE ULTRAFILTRAÇÃO COM POTENCIAL PARA APLICAÇÃO NO TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS OLEOSAS: uma revisão

Victor José Romão dos Santos

Suellen Cristine Meira

DOI 10.22533/at.ed.69721110217

CAPÍTULO 18..... 211

ANÁLISE PROBABILÍSTICA E DETERMINÍSTICA DA ESTABILIDADE DE TALUDES EM BARRAGEM DE TERRA DO ESTADO DO CEARÁ

Fernando Feitosa Monteiro

Andressa de Araujo Carneiro

Yago Machado Pereira de Matos

Giovanna Monique Alelvan

DOI 10.22533/at.ed.69721110218

CAPÍTULO 19..... 222

A GESTÃO DE OBRAS DE ARTE ESPECIAIS MUNICIPAIS: CONCEPÇÃO DE UM MODELO CONCEITUAL DE BANCO DE DADOS APLICADO ÀS PONTES, VIADUTOS E PASSARELAS

André Felipe Bozio

Vivian da Silva Celestino Reginato

DOI 10.22533/at.ed.69721110219

CAPÍTULO 20..... 240

ALTERAÇÕES MORFOLÓGICAS DO PORTO MARAVILHA, RIO DE JANEIRO: TRANSFORMAÇÕES URBANAS

Amanda Martins Marques da Silva

Gisele Silva Barbosa

Patricia Regina Chaves Drach

Eduardo Praun Machado

Victor Marques Zamith

DOI 10.22533/at.ed.69721110220

SOBRE OS ORGANIZADORES 255

ÍNDICE REMISSIVO..... 256

ANÁLISE E SIMULAÇÃO DE CONTROLE VOLUMÉTRICOS E DINÂMICOS EM SISTEMAS DE PERFURAÇÃO DE POÇOS PETROLÍFEROS

Data de aceite: 01/02/2021

Data de submissão: 15/11/2020

Juliana Gomes da Silva

Universidade Federal do Amazonas – UFAM
Manaus - Amazonas
<http://lattes.cnpq.br/9565818452276509>

Savio Raider Matos Sarkis

Universidade Federal do Amazonas – UFAM
Manaus - Amazonas
<http://lattes.cnpq.br/6674204758775154>

RESUMO: Controlar um influxo de gás (*kick*) e prevenir uma erupção (*blowout*) durante a perfuração de um poço petrolífero não é uma tarefa fácil, por isso é necessário um plano de controle rápido, viável e eficiente. Um rigoroso controle de poço na produção de óleo e gás pode prevenir esses influxos indesejáveis e diversos problemas tanto econômicos quanto ambientais. Portanto, o objetivo deste trabalho é fazer uma análise do comportamento das pressões, durante a circulação de um *kick*, através do desenvolvimento de um simulador de controle de poço utilizando o método volumétrico dinâmico. Considerando aspectos como volume do influxo mínimo, situações offshore de águas profundas para diferentes cenários de lâmina d'água e a influência de parâmetros do fluido de controle no comportamento das pressões. O simulador terá como resposta ao controle de poço nas operações de perfuração com a introdução de novos recursos que auxiliem os

profissionais da área a tomar decisões durante a ocorrência de um influxo indesejável. Para desenvolver o simulador a metodologia aplicado no controle volumétrico dinâmico será baseada na modelagem matemática de NUNES (2002). *Kick* em poços profundos, por ser uma área de difícil acesso, os avanços tecnológicos se tornam limitados. Tendo em vista que um simulador tem importância na otimização do controle de poço nas operações de perfuração, o qual permitirá analisar o comportamento das pressões na superfície e no interior do poço, podendo auxiliar outros projetos de poço durante a perfuração. O simulador de kicks para ambiente offshore de águas profundas será elaborado através de um código computacional no programa JAVA, que visa monitorar o comportamento das pressões no anular e na linha de choke a partir da leitura dos dados do poço (diâmetros, profundidade e capacidade volumétrica), do fluido (massa específica e reologia), do influxo de gás e das geopressões.

PALAVRAS-CHAVE: Controle de poços, Kick, Águas Profundas.

ANALYSIS AND SIMULATION OF VOLUMETRIC AND DYNAMIC CONTROL IN OIL WELL DRILLING SYSTEMS

ABSTRACT: Controlling a gas inflow (*kick*) and preventing an eruption (*blowout*) while drilling an oil well is not an easy task, so a fast, viable and efficient control plan is needed. Strict well control in the production of oil and gas can prevent these undesirable inflows and several economic and environmental problems. Therefore, the objective of this work is to make an analysis of the pressure

behavior, during the circulation of a kick, through the development of a well control simulator using the dynamic volumetric method. Considering aspects such as minimum inflow volume, deepwater offshore situations for different water depth scenarios and the influence of control fluid parameters on pressure behavior. The simulator will respond to well control in drilling operations with the introduction of new resources that help professionals in the area to make decisions during the occurrence of an undesirable inflow. To develop the simulator, the methodology applied in the dynamic volumetric control will be based on the mathematical modeling of NUNES (2002). Kick in deep wells, as it is an area of difficult access, technological advances become limited. Bearing in mind that a simulator is important in optimizing well control in drilling operations, which will allow the analysis of the behavior of pressures on the surface and inside the well, being able to assist other well projects during drilling. The kicks simulator for deepwater offshore environment will be elaborated through a computational code in the JAVA program, which aims to monitor the behavior of the pressures in the annular and the choke line from the reading of the well data (diameters, depth and volumetric capacity), fluid (density and rheology), gas inflow and geopressures.

KEYWORDS: Well control, Kick, Deep Water.

1 | INTRODUÇÃO

Durante a perfuração de um poço petrolífero pode ocorrer um influxo indesejável do fluido da formação para o interior do poço, denominado de Kick. A principal causa é devido a pressão no poço ser menor do que a pressão da formação que está sendo perfurada, (Oliveira, Arruda e Negrão, 1988).

De acordo com SANTOS (2013), se esse influxo atinge a superfície através do poço, tem-se uma situação chamada de blowout de superfície; se o influxo atinge a superfície através de fraturas na rocha que terminam na superfície como crateras, tem-se uma situação chamada de crateramento; se o influxo é para o fundo do mar, tem-se um blowout submarino; e se existe um influxo entre a formação produtora e outra formação não revestida do poço, tem-se um underground blowout.

1.1 Causa de Kicks

As causas de *kicks* estão geralmente relacionadas com a redução do nível de fluido no interior do poço e/ou com a redução da massa específica do fluido de perfuração. Qualquer ação ou acontecimento que implique a redução dos valores desses dois parâmetros que constituem a pressão hidrostática constitui-se num potencial causador de influxos (Santos, 2013). As principais causas de kicks são: Pistoneio mecânico e hidráulico, não abastecimento do poço em manobras, peso do fluido insuficiente, perda de circulação, pressão anormalmente alta, corte de fluido por gás e cimentação inadequada

1.2 Como detectar um kick

Detectar um kick é uma tarefa de extrema importância, pois quanto maior for o

tempo de detecção maior será o volume do influxo e será mais difícil de controlar o mesmo. Existem diversos indícios de kicks que alertam a equipe, entretanto nem todos os indícios significam que um kick está ocorrendo, alguns servem apenas de alerta. A detecção de um influxo pode ocorrer durante a perfuração do poço, durante uma manobra, na descida do revestimento ou em uma perda de circulação.

Os principais indícios de kicks, segundo Thomas et al (2001), são: Aumento de volume de lama nos tanques, aumento da taxa de penetração, aumento da vazão de retorno da lama, redução da pressão de circulação e aumento na velocidade da bomba, corte de lama por água salgada, corte de lama por gás e/ou óleo, fluxo com as bombas desligadas, poço aceitando menos lama que o volume de aço retirado, poço devolvendo mais lama que o volume de aço decido e durante uma perda de circulação.

1.3 Métodos de controle de poço

Com intuito de remover esses influxos indesejáveis, existem os métodos de controle de poço. Cada método tem sua aplicabilidade e suas limitações, mas a maioria adota o princípio da manutenção da pressão no fundo do poço constante. Nesses métodos mantem-se a pressão no fundo do poço constante e com um valor igual a pressão de formação acrescido a uma margem de segurança. Segundo Santos (1982) os métodos de controle de poço mais utilizados são:

- a. Método do engenheiro: No método do engenheiro o kick é removido, utilizando o fluido de matar, com apenas uma circulação. A circulação começa após o preparo da lama nova que será injetada no poço, esse método dificilmente é usado em águas profundas pois durante o tempo de preparo o influxo continua expandindo.
- b. Método do sondador: Nesse método, o fluido invasor é removido por meio de duas circulações. A primeira circulação é feita utilizando o fluido de perfuração original e a segunda utilizando um novo fluido
- c. Método volumétrico: Esse método é utilizado quando a circulação através da coluna não é possível. O método volumétrico estático é dividido em duas fases: primeiro ocorre a migração do gás até a superfície e depois é injetado uma lama nova. No modelo dinâmico essa injeção de lama ocorre simultaneamente com a migração do gás.
- d. Métodos não convencionais: Baixa pressão no choke, bullheading e stripping.

2 | OBJETIVO ESPECÍFICO

- Desenvolver um programa computacional para controle de poço que contemple situações offshore de águas profundas;

- Simular casos de influxos de gás em cenários de lâmina d'água com 500, 1000 e 2000 metros de profundidade;
- Verificar o sucesso do simulador elaborado, comparando os resultados obtidos com os resultados de NUNES (2002) e com os valores encontrados no simulador desenvolvido por Carlos Moura, chamado de Dynamic Volumetric Method;
- Analisar, com o simulador Dynamic Volumetric Method, a influência de diferentes volumes de ganho de lama inicialmente (20 bbl, 40 bbl e 60 bbl).

3 | OBJETIVO GERAL

Analisar o comportamento das pressões e o ganho de lama, durante a circulação de um kick, através do desenvolvimento de um simulador que seja direcionado ao método volumétrico dinâmico.

4 | METODOLOGIA

A partir da revisão bibliográfica feita e da análise dos modelos de simuladores kicks já criados, estabeleceu-se as premissas básicas do modelo que será desenvolvido. A situação operacional básica consiste em um kick ocorrendo em um poço que devido ao jato da broca estar entupido e impedir que o fluido de perfuração seja usado para circular o kick através da coluna.

4.1 Premissas

Algumas premissas foram definidas para elaboração do programa, essas permitem facilitar alguns cálculos e abordar diferentes pontos que foram poucos explorados em outros artigos. Foram essas: poço completamente vertical, fluido a base de água, geometria variável, gás ideal, escoamento do tipo “Bolhas de Taylor”, kick de gás e método volumétrico dinâmico.

4.2 Dados de entrada

Os dados de entrada devem ser fornecidos usando as unidades do Sistema de Unidades (SI), após o input dos dados o programa gera novas variáveis, os dados de entrada são: Geometria do poço, temperatura do fundo do mar, temperatura do fundo do poço, propriedades do fluido de perfuração, pressão de poros da formação contendo gás (o usuário pode entrar com o valor da SIDPP), vazão quando ocorreu o kick, tempo para fechar o BOP, vazão reduzida de circulação, margem de segurança a ser utilizada durante a circulação do influxo, gradiente de fratura e profundidade da região mais frágil do poço.

4.3 Procedimento Operacional

O método volumétrico dinâmico utiliza o seguinte procedimento operacional, de

acordo com SANTOS (2013):

- a. Após o fechamento do poço, devido ao kick, registrar o ganho de lama inicial (G_i) e a SICP. A perda de carga por fricção na linha de matar (ΔP_{kl}), que é igual à da linha do choke, deve ser registrado previamente a 150 gpm
- b. Determinar a redução de pressão hidrostática no fundo do poço, devido a drenagem de um barril de lama (α) em psi/bbl, por meio da equação:

$$\alpha = \frac{0,17 \times \rho_{lama}}{0,2298}$$

- c. Traçar em um gráfico de pressão de bombeio, em função do ganho de lama, uma reta com inclinação α e passando pelo ponto (G_i , SICP). Traçar então a reta de trabalho que é a reta paralela que inclui margem de segurança de 100 psi e as perdas de cargas na linha de matar (ΔP_{kl}).
- d. Iniciar a circulação a 150 gpm pela linha de matar com retorno pela linha de choke com a pressão inicial de circulação (PIC_{kl}) igual a: $PIC_{kl} = SICP + 100 + \Delta P_{kl}$. A pressão inicial do choke (P_{ck}) será igual a $SICP + 100 - \Delta P_{kl}$.
- e. Observando a pressão de bombeio, ajustar o choke, de forma com que essa pressão acompanhe a reta de trabalho estabelecida no gráfico. Na fase da migração do gás, o acompanhamento é no sentido da esquerda para direita, enquanto na produção do kick o sentido é o inverso. Em condições de controle perfeito, quando todo o gás estiver fora do sistema, o ganho de lama será nulo.
- f. Retirar o gás aprisionado abaixo da gaveta de hang-off e substituir o fluido no riser e nas linhas de choke e de matar por um fluido com massa específica suficiente para matar o poço. Abrir o poço para descida ou retirada da coluna, sempre checando quanto a possibilidade de fluxo.

4.4 Organização do programa

Através dos dados de entrada, dados do poço e dos fluidos, o programa determina algumas características do kick (altura da base e do topo) e assim simula uma circulação através do método volumétrico. Através dos dados calculados do kick o programa calcula a pressão na superfície em diferentes intervalos de tempo e imprime os resultados.

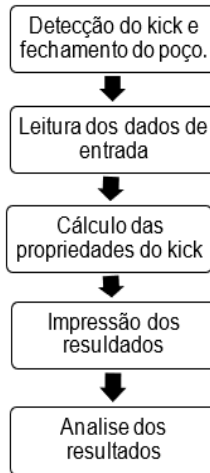


Figura 1: Fluxograma para desenvolvimento do programa.

Fonte: própria.

Para o desenvolvimento do simulador, escolheu-se primeiro o poço que seria analisado. O poço escolhido foi o mesmo poço que NUNES (2002), sendo um poço com geometria variável.

Parâmetros	SI	Campo	Parâmetros	SI	Campo
Profundidade total	3500 m	11483,5 ft	Leitura do reômetro (θ_{300})		29,56
Lâmina d'água	550 m	1804,5 ft	Leitura do reômetro (θ_{600})		48,02
Profundidade da Sapata	2000 m	8202,5 ft	Densidade do gás	0,65	0,65
Comprimento do comando	500 m	1640,5 ft	Volume inicial do influxo	6,36 m ³	40 bbl
Comprimento da coluna	3500 m	11483,5 ft	Vazão de circulação	0,0126 m ³ /s	200 gal/min
Diâmetro interno do poço aberto	0,216 m	8,5 pol	SIDPP	3100 kPa	450 psi
Diâmetro do revestimento	0,251 m	9,875 pol	Margem de segurança	689,5 kPa	100 psi
Diâmetro do comando	0,165 m	6,5 pol	Tempo de fechamento	60s	1 min
Diâmetro da coluna de perfuração	0,127 m	5 pol	Gradiente geotérmico	0,0146 °C/m	0,008 °F/ft
Diametro da linha do choke	0,0762 m	3 pol	Temp. da água do mar	10 °C	50 °F

Massa específica da lama	1,2 kg/m ³	10 lbm/gal	SICP	680 PSI	4688 MPA
--------------------------	-----------------------	------------	------	---------	----------

Tabela 1: Dados do poço a ser analisado.

Fonte: Nunes (2002).

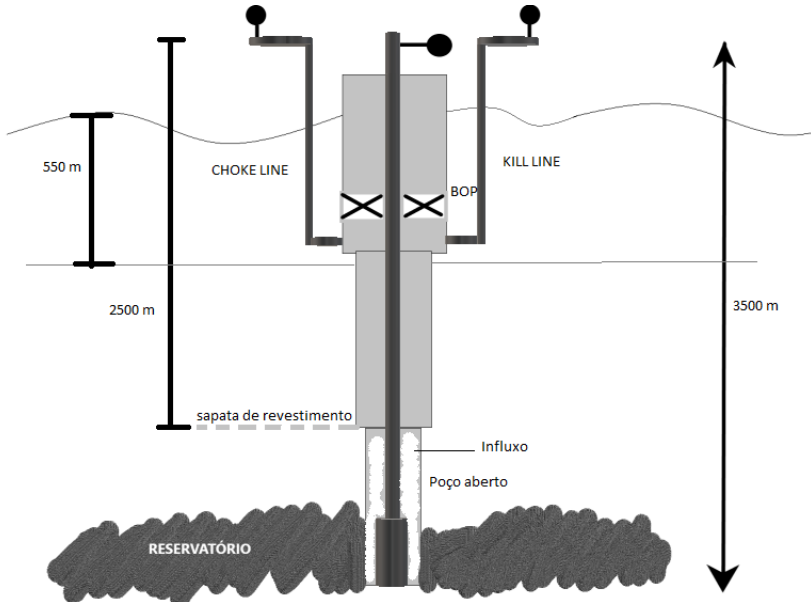


Figura 2: Poço a ser analisado.

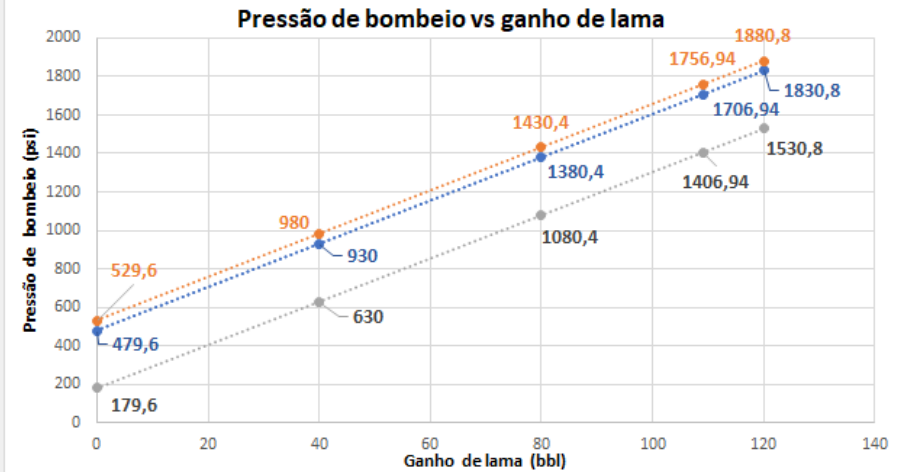
Fonte: Própria.

5 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Variando o comprimento da lâmina d'água

A primeira variável a ser analisada foi o efeito do comprimento da lâmina d'água na perda de carga na linha de choke, na pressão inicial de circulação e ganho de volume. Usou-se 3 valores de lâminas d'água: 500m, 1000m e 2000m. Para isso utilizou-se a metodologia descrita por SANTOS (2013). Todavia, em sua literatura, ele não menciona o instante em que o gás chegaria à superfície, impossibilitando saber o volume final do influxo. Para isso foi utilizado o simulador Dynamic Volumetric Method, qual seria possível obter tal informação.

Foi comparado as curvas desenvolvidas utilizando o JAVA com as geradas pelo simulador Dynamic Volumetric Method. Essa comparação foi feita a fim de perceber se os resultados obtidos seriam parecidos.



Perda de carga da linha de matar

psi

Capacidade do poço

bbl/m

Massa específica do fluido de perfuração

lb/gal

SCIP

Psi

Volume ganho

bbl

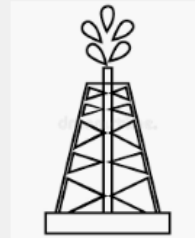


Figura 3: Interface gráfica para lâmina d'água de 500 metros.

Fonte: Própria.

O gráfico acima foi o gerado seguindo o passo a passo descrito na introdução do artigo, que foi retirada da literatura de SANTOS (2013). Nesse gráfico pode-se observar 3 retas paralelas. Sendo:

1. Reta azul: A reta gerada através da pressão inicial de circulação da kill line.
2. Reta laranja: A reta gerada através da pressão inicial de circulação da kill line, acrescida de 50 psi que seria a margem de trabalho.
3. Reta cinza: A reta gerada através da pressão na linha do choke.

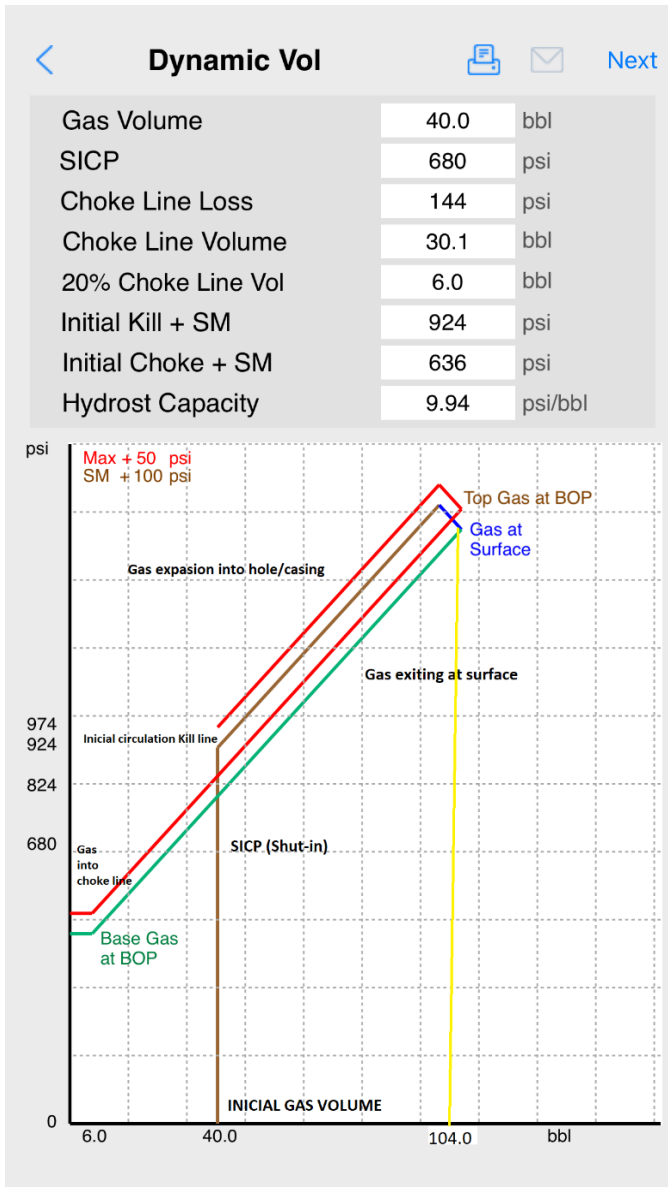


Figura 4: Gráfico para lâmina d'água de 500 metros, gerado através do simulador Dynamic Volumetric Method.

Fonte: Dynamic Volumetric Method App.

Após comparar os dois resultados, observou-se que em ambos os gráficos a pressão da linha de choke era inferior à da SICP, conforme visto em teoria. No gráfico da figura 3, a pressão no choke no início da circulação é de 630 psi, observando o gráfico da figura 4, o valor encontrado foi de 634 psi, próximo ao do gráfico da figura 3.

Já o valor inicial da pressão no gráfico da figura 3 é igual a 930 PSI e no da figura 4 é de 924 psi, ambos os resultados bastantes próximos. Ambos os gráficos devem ser analisados da esquerda para a direita para o momento que o kick está expandido para superfície e da esquerda para a direita quando está sendo removido do poço. Pode-se constatar que quando o topo do kick chega até a superfície ele está com um volume de 104 bbl, ou seja utilizando o método volumétrico dinâmico teve um aumento de 64 bbl no volume do kick.

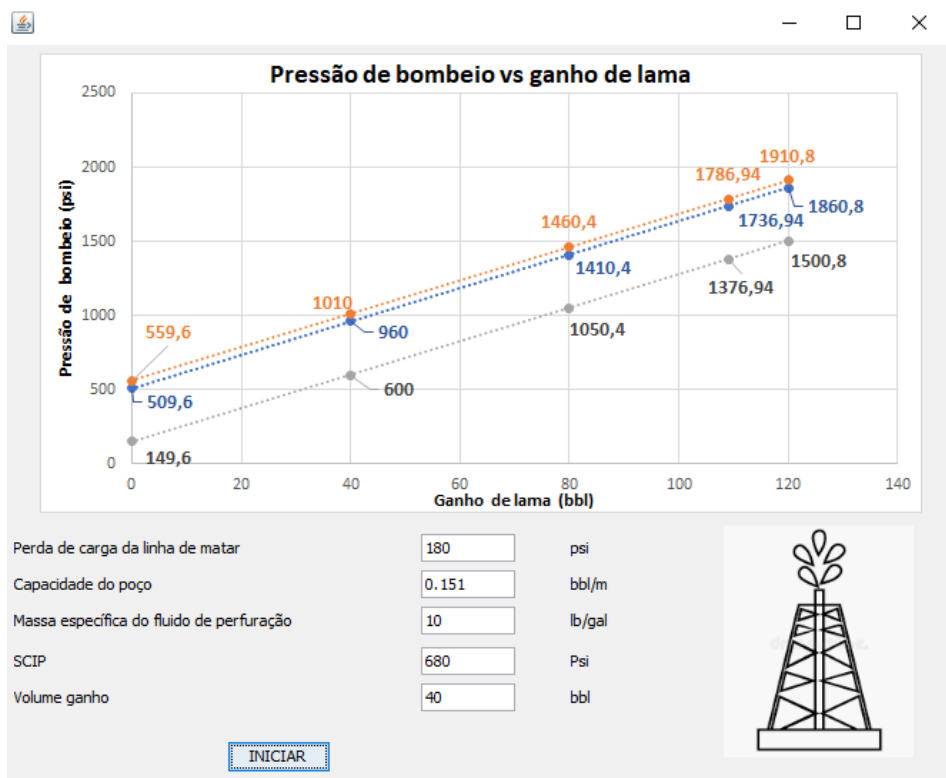


Figura 5: Interface gráfica para lâmina d'água de 1000 metros.

Fonte: Própria.

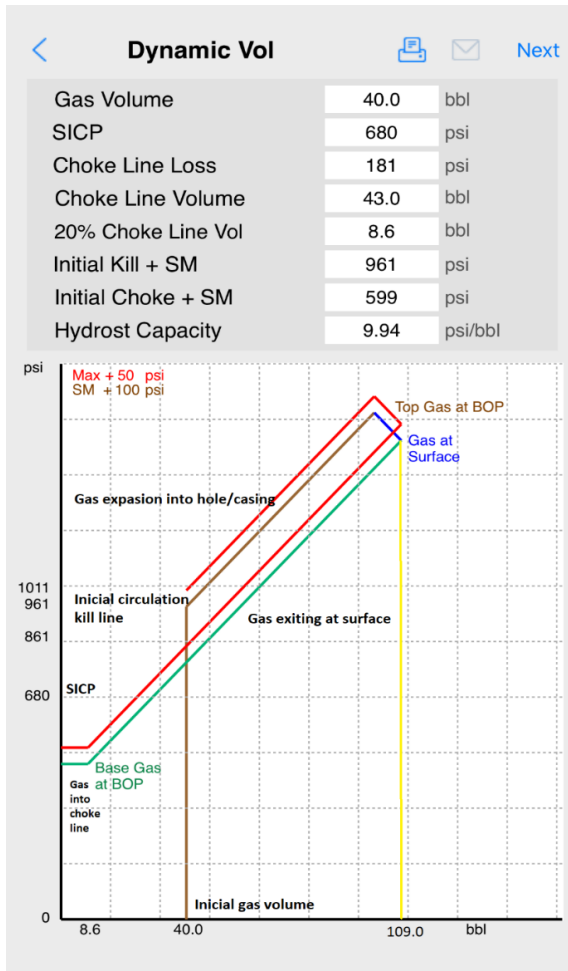


Figura 6:Gráfico para lâmina d’água de 1000 metros, gerado através do simulador Dynamic Volumetric Method.

Fonte: Dynamic Volumetric Method App.

Já quando a lâmina d’água aumenta, pode-se observar que a o comprimento da choke line irá aumentar, aumentando também a perda de carga e por consequência a pressão inicial de circulação. Nesse caso quando o topo do kick chega à superfície ele está com um volume de 108 bbl, ou seja, teve um aumento de 68 bbl no volume do kick.

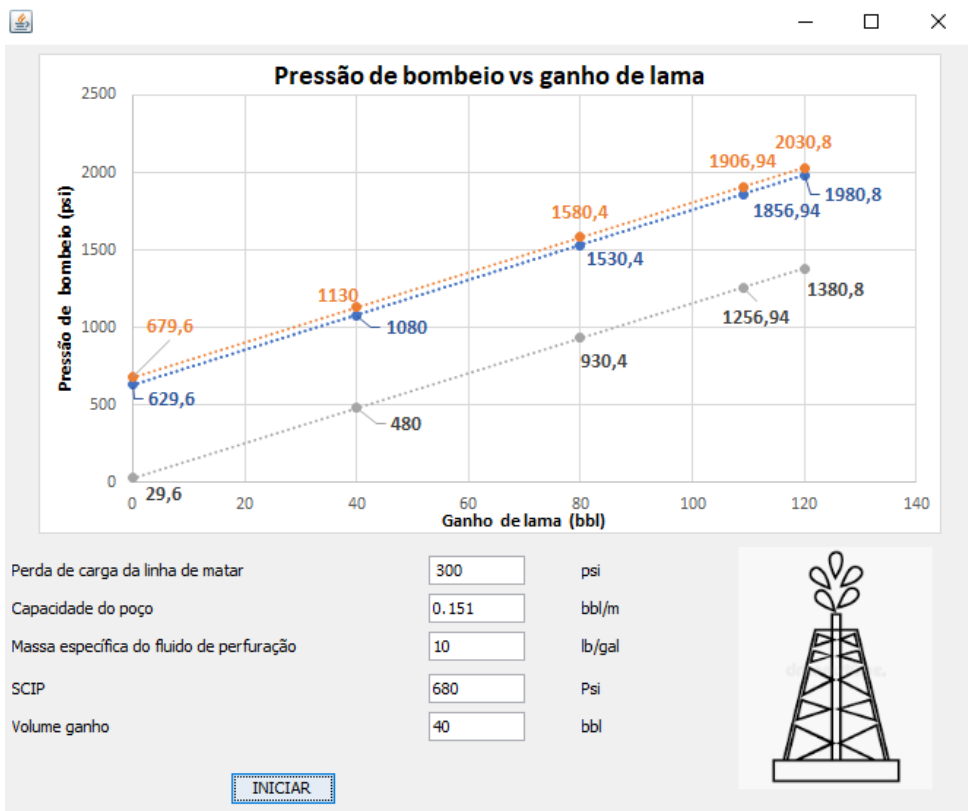


Figura 7: Interface gráfica para lâmina d'água de 2000 metros.

Fonte: Própria.

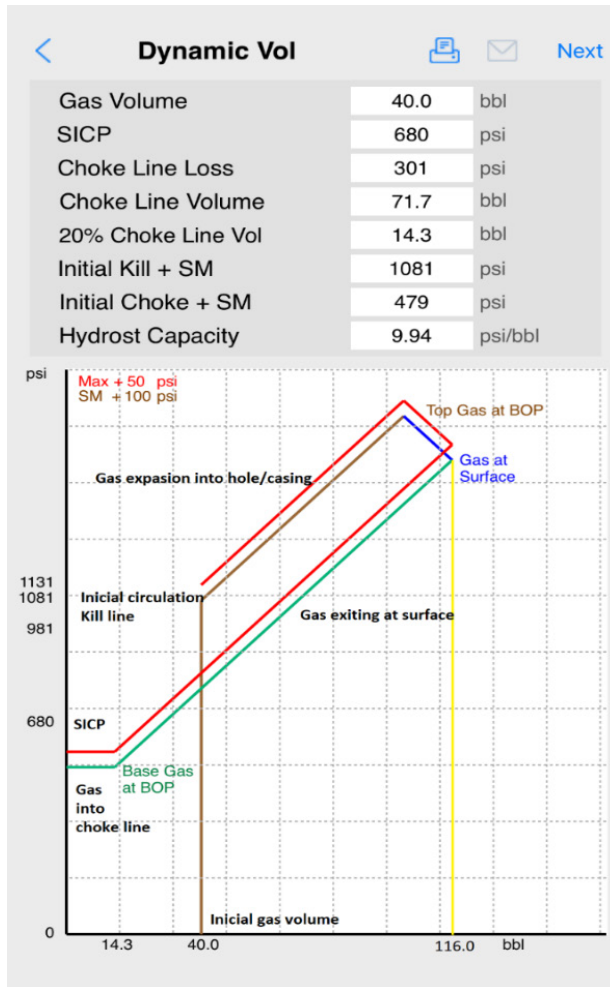


Figura 8: Gráfico para lâmina d'água de 2000 metros, gerado através do simulador Dynamic Volumetric Method.

Fonte: Dynamic Volumetric Method App.

No terceiro caso analisado observa-se as mesmas coisas constatadas na análise 2: A pressão inicial de circulação será maior, a perda de carga na linha de choke será maior e o ganho de influxo é bem maior quando comparado aos demais.

Observando o gráfico gerado no Dynamic Volumetric Method, também foi constatado que ao aumentar a lâmina d'água, a linha azul, que representa o instante em que o topo do gás chega ao BOP e posteriormente a superfície, aumenta. Isso se deve ao aumento da linha de choke, que por consequência, vai aumentar o tempo que esse gás chegará à superfície.

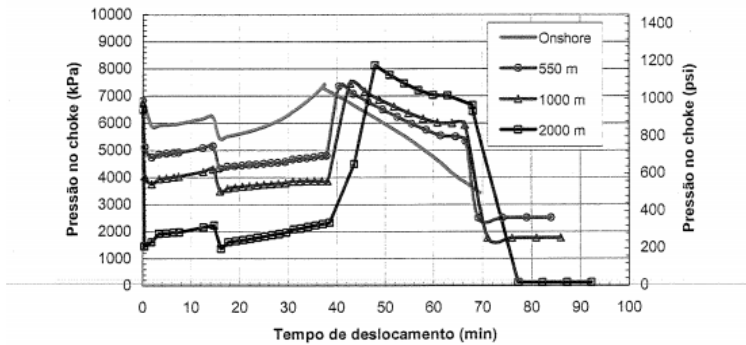


Figura 9: Gráfico obtido por NUNES (2002) em sua análise
 Fonte: NUNES (2002)

A figura 9, representa o gráfico obtido por NUNES (2002) através da sua análise, ele comparava como a pressão no choke iria variar com o tempo de deslocamento do kick em diferentes comprimentos de lâminas d'água. Comparando a figura 9, com os gráficos obtidos anteriormente através do java e com os gráficos obtidos através do simulador Dynamic Volumetric Method, pode-se constatar que os resultados obtidos foram os mesmos. No gráfico gerado por NUNES (2002), pode-se observar também que com o aumento da lâmina d'água, a pressão no choke irá diminuir e o tempo de remoção do kick irá aumentar.

Por fim, a influência da lâmina d'água fica evidenciadas pelos gráficos. Com o sucesso do simulador elaborado e com análise feita no simulador Dynamic Volumetric Method, pode-se notar que:

1. A pressão inicial de circulação pela kill line aumenta conforme o aumento da lâmina d'água. Isso se deve ao fato da perda de carga na linha de choke aumentar, sendo necessário uma maior contrapressão na kill line.
2. Devido à perda de carga aumentar, também teremos que a pressão no choke, durante a circulação pelo espaço anular é reduzida com o aumento da lâmina d'água.
3. Entende -se também que quanto maior for a lâmina d'água, maior será o volume do kick dentro do poço e maior será o comprimento da linha de choke. Fato que influencia no ganho de lama durante o processo. Com isso, o tempo para remover o kick será maior.
4. Por fim, pode-se observar que o instante em que o topo do gás chega ao BOP e posteriormente a superfície, aumenta. Isso se deve ao aumento da linha de choke, que por consequência, gera um aumento no tempo que esse gás chegará até a superfície.

5.2 Variando o volume inicial do kick

A segunda análise foi feita apenas utilizando o simulador Dynamic Volumetric Method, pois o objetivo era analisar o comportamento do kick quando seu volume inicial era maior. Os casos analisados foram para influxos de 20 bbl, 40 bbl e 60 bbl, todos em poços com as mesmas características e lâmina d'água de 500 metros.

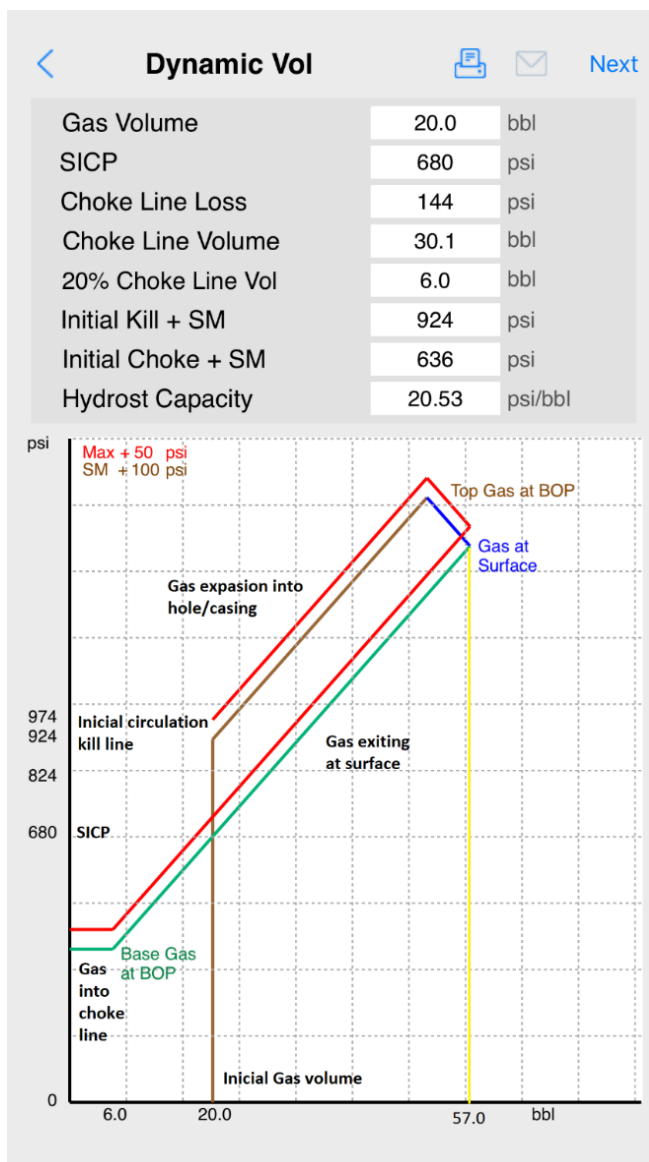


Figura 10: Poço com 20 bbl de influxo.

Fonte: Simulador Dynamic volumetric Method.

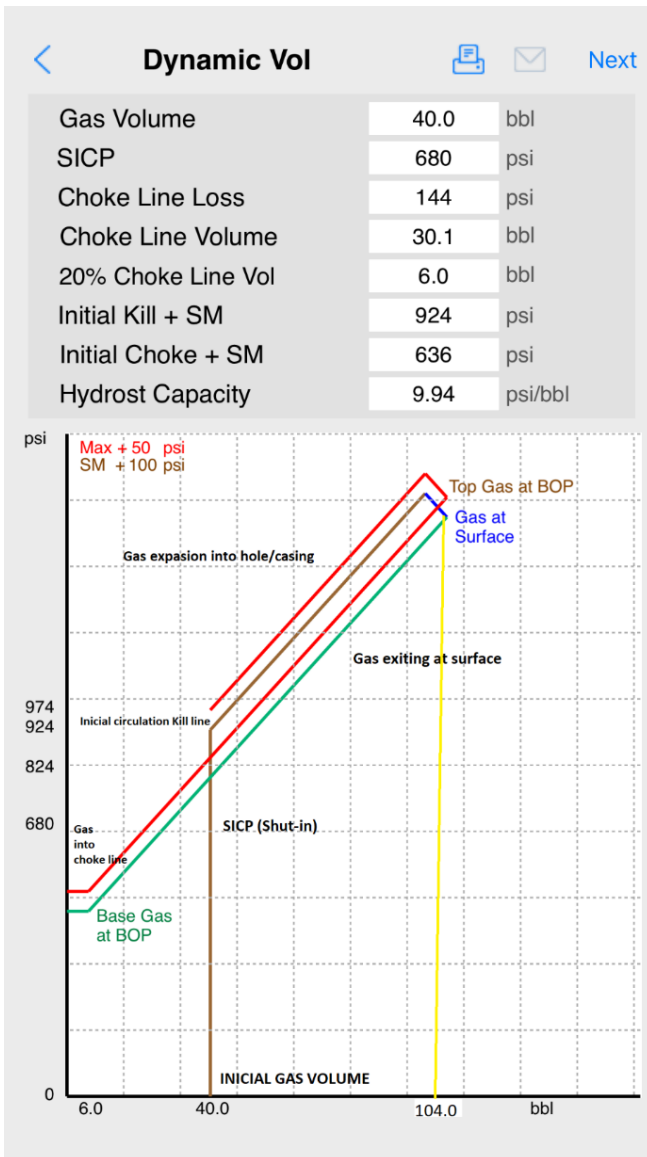


Figura 11: Poço com 40 bbl de influxo.

Fonte: Simulador Dynamic volumetric Method.



Dynamic Vol



Next

Gas Volume	60.0	bbl
SICP	680	psi
Choke Line Loss	144	psi
Choke Line Volume	30.1	bbl
20% Choke Line Vol	6.0	bbl
Initial Kill + SM	924	psi
Initial Choke + SM	636	psi
Hydrost Capacity	9.94	psi/bbl

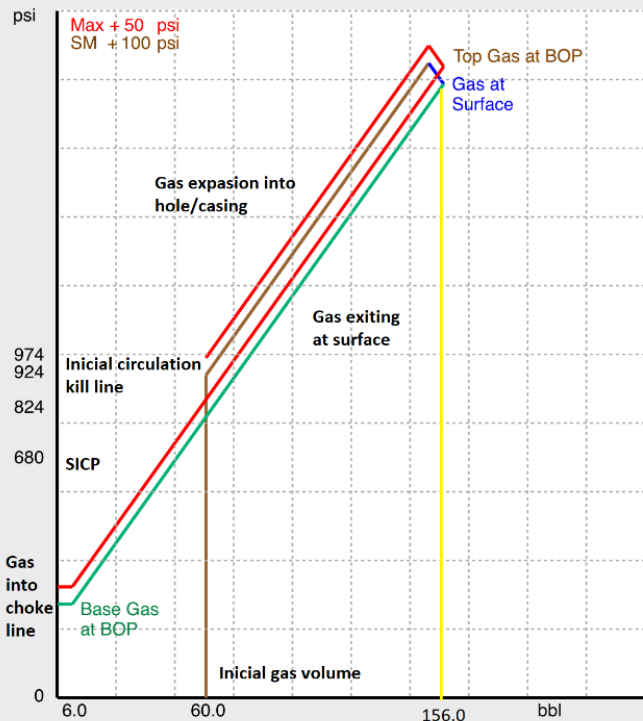


Figura 12: Poço com 60 bbl de influxo.

Fonte: Simulador Dynamic volumetric Method.

Volume inicial do influxo (bbl)	Ganho de volume (bbl)
20	37
40	64
60	96

Tabela 2: Ganho de lama em cada caso.

Fonte: Própria.

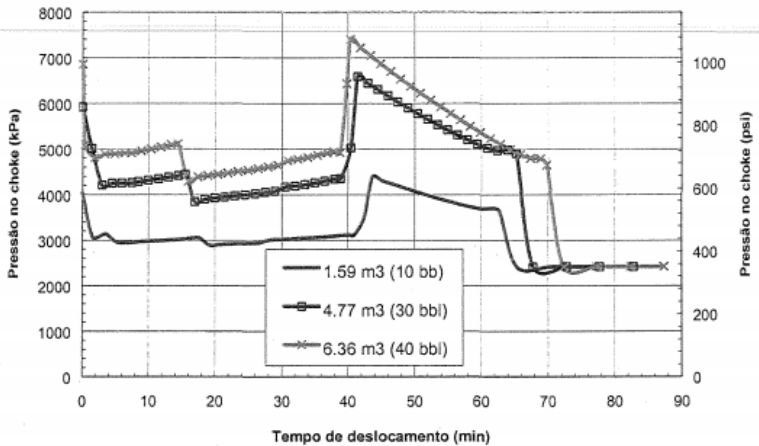


Figura 13: Gráfico gerado pela análise de NUNES (2002)

Fonte: NUNES (2002).

Outro fator que foi constatado com os gráficos gerados através do simulador e observados na literatura de NUNES (2002) é que quanto maior for o volume inicial, maior será o tempo de deslocamento desse kick.

O gráfico criado por NUNES (2002) mostra o efeito do volume inicial do kick. Nota-se um perfil de pressões bem maiores no kick de maior volume, é possível observar no simulador esse aumento de perfil de pressões. Quanto maior é o volume inicial do kick, pode-se notar que maior é a pressão no choke durante a expansão do gás.

Por fim, a influência do volume inicial dos kick fica evidenciadas pelos gráficos. Notando-se que:

1. Quanto maior for o volume inicial do kick. Maior será o volume ganho durante a expansão do gás até a superfície.
2. Nota-se que quanto maior o volume inicial do influo, maior será o perfil de pressões.
3. Quanto maior o volume do kick, maior será o tempo de remoção, pois o volume final do influxo será maior.

6 | CONCLUSÃO

Os resultados obtidos através das simulações feitas tanto no JAVA quanto no simulador Dynamic Volumetric Method, foram satisfatórias. Tanto na análise da influência da lâmina d'água quanto na análise da variação do volume inicial do kick, os resultados corresponderam aos encontrados na literatura de NUNES (2002).

Observou-se que quanto maior a lâmina d'água, maior é a dificuldade de controle de poço, pois as perdas de carga aumentam, a pressão no choke é reduzida e maior será o volume do kick dentro do poço. Com isso, maior é a contrapressão necessária na kill line e maior será o tempo de remoção do kick. Ou seja, maiores a chance de um blowout ocorrer.

Na segunda análise, foi possível constatar que a continuidade da utilização do modelo depende do volume inicial do kick. Se o tempo para detectar esse influxo e fechar o poço for muito elevado, o volume inicial do gás ou óleo será maior, aumentando as chances de um blowout.

Para as próximas pesquisas, nota-se a importância de avaliar o comportamento do kick dentro do poço em função do tempo, para incrementar no simulador elaborado a possibilidade de detectar o instante em que esse influxo chegará à superfície.

REFERÊNCIAS

AVELAR, C. S. **Modelagem do Controle de Poços por Diferenças Finitas**. Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2008. 117p. Dissertação (Mestrado).

HUA LING, NINA KURNIASIH PRATOMO JUWONO, WEI SUONG TEO, RUIRUI LIU, SUSANNA SU JAN LEONG AND MATTHEW WOOK CHANG. **Engineering transcription factors to improve tolerance against alkane biofuels in Saccharomyces cerevisiae**, 2015.

Le BLANC, J. L. And LEWIS, R. L. **A mathematical model of a gas kick**. *Journal of Petroleum Technology*, p. 888-898, Aug., 1968.

NEGRÃO, A. F. **Controle de Poço em Águas Profundas**. Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 1989. 102 p. Dissertação (Mestrado).

NICKENS, H. V. **A Dynamic Computer Model of a Kicking Well**. *SPE Drilling Engineering*, p 158-173, June 1987.

NUNES, J. O. L.: **Estudo do Controle de Poços em operações de Perfuração em Águas Profundas e Ultra Profundas**, UNICAMP, Dissertação de mestrado, 2002;

OHARA, S. **Improved Method for Selecting Kick Tolerance During Deepwater Drilling Operations**. Baton Rouge: Louisiana State University, 1995. 152 p. Tese (Doutorado).

OLIVEIRA, P. C.P., ARRUDA, A. M. P., NEGRÃO, A. F., **Kicks- Prevenção e Controle**, Petrobrás, publicação interna, SEDES, 1988.

SANTOS, O. L. A, MENDES, J. R. P., RIBEIRO, P. R., **The Development and Application of a Software to Assist the Drilling Engineer during Well Control Operations in Deep and Ultra Deep Waters**. SPE 81184, SPE Latin American and Caribbean Petroleum Engineering Conference, 2003.

SANTOS, O L. A. **A Mathematical Model of a Gas Kick When Drilling in Deep Waters**. Colorado School of Mines, 1982. 76 p. Dissertação (Mestrado).

SANTOS, O. L. A. **Segurança de Poço na Perfuração**. Volume 1. Editora Blucher. 2013.

SHIHUI, S.; TIE, Y.; XUELIANG, B.; XUN, C.; NAN, Z. **Wellbore Flow Analysis of a Gas Kick Well During Shut-In**. The Open Fuels & Energy Science Journal, vol. 8, pp. 63-67, 2015.

ZUBAIRY, RAHEEL. **Gas Kick Mechanistic Model**. Master's thesis, Texas A & M University, 2014.

ÍNDICE REMISSIVO

A

ABS 7, 12, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53

Agitação 1, 2, 4, 6, 7, 8, 12, 14, 15, 20, 69, 203, 204, 207

Ângulo de inclinação 105, 106, 107, 111, 114

Anidrido maleico 33, 34, 35, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46

Aspersão térmica 54, 58, 59, 61, 62, 64, 65, 66

B

Banda larga 87, 94, 95

Blenda PS/PCL 68

C

Cicatrização 75, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84

Concreto 96, 97, 98, 100, 103, 104, 136, 226, 229, 230, 232, 233, 234, 235, 237, 238, 239

Construção civil 96, 97, 103

D

Desgaste abrasivo 54, 58, 59, 60, 63, 65, 66

E

Ensino 1, 6, 8, 10, 21, 255

F

Feridas 75, 77, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85

Ferrocarbonila 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95

Filme fino 68

Fotodegradação UV 68

I

Impressão 3D 1, 15

Índice de acidez 17, 18, 19, 20, 21

Índice de peróxido 17, 19, 20, 21

M

Materiais absorvedores de radiação eletromagnética 87, 88, 95

Matlab 105, 106, 107

Mecanismo de reação 33, 35, 39

Medicina regenerativa 75, 76, 77, 78, 79, 80, 83, 84

Mistura 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 12, 15, 34, 37, 39, 41, 43, 44, 45, 46, 51, 69, 97, 99, 203, 204

Modificação química 33, 38, 39, 40, 41, 46

N

Nanobiomateriais 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84

O

Óleo de soja 17, 19, 21

Operação unitária 2, 23

P

Painéis solares fixos 105

Polipropileno 96, 97, 99, 104

R

Reciclagem 96, 97, 186, 189, 192, 194

Refletividade 87, 90, 91, 92, 93, 94, 95

Reutilização 17, 18, 19, 96, 186, 189, 191, 194

Revestimentos cerâmicos 54, 55, 56, 60, 67

S

Sedimentação 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32

Separação de partículas 22, 23

Sistemas fotovoltaicos 105, 106

Suspensão 4, 22, 23, 24, 25, 27, 28, 30, 32, 203, 204

T

Teste de proveta 22, 23, 24

As Engenharias agregando Conhecimento em Setores Emergentes de Pesquisa e Desenvolvimento

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

Atena
Editora

Ano 2021

As Engenharias agregando Conhecimento em Setores Emergentes de Pesquisa e Desenvolvimento

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

Atena
Editora

Ano 2021