

**Franciele Bonatto  
Henrique Ajuz Holzmann  
João Dallamuta  
(Organizadores)**

# **Impactos das Tecnologias nas Engenharias 4**



**Franciele Bonatto  
Henrique Ajuz Holzmann  
João Dallamuta**  
(Organizadores)

# **Impactos das Tecnologias nas Engenharias**

**4**

**Atena Editora  
2019**

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Diagramação e Edição de Arte:** Lorena Prestes e Geraldo Alves

**Revisão:** Os autores

### Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

134 Impactos das tecnologias nas engenharias 4 [recurso eletrônico] / Organizadores Franciele Bonatto, Henrique Ajuz Holzmann, João Dallamuta. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Impactos das Tecnologias nas Engenharias; v. 4)

Formato: PDF  
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader  
Modo de acesso: World Wide Web  
Inclui bibliografia  
ISBN 978-85-7247-194-7  
DOI 10.22533/at.ed.947191503

1. Engenharia. 2. Inovações tecnológicas. 3. Tecnologia.  
I. Bonatto, Franciele. II. Holzmann, Henrique Ajuz. III. Dallamuta, João.  
CDD 658.5

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422**

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

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.

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

## APRESENTAÇÃO

Caro leitor(a)

Nesta obra temos um compendio de pesquisas realizadas por alunos e professores atuantes em engenharia e tecnologia. São apresentados trabalhos teóricos e vários resultados práticos de diferentes formas de aplicação e abordagens de simulação, projetos e caracterização no âmbito da engenharia e aplicação de tecnologia.

Tecnologia é o pilar mais importante da engenharia. Os profissionais que se dedicam a pesquisa e desenvolvimento de novos produtos e processos não estão preocupados com todos os aspectos da tecnologia, mas com a tecnologia existente, bem como com a tecnologia futura considerada viável. Uma visão ampla de tecnologia é portanda fundamental para engenheiros. É esta amplitude de áreas e temas que procuramos reunir neste livro.

De abordagem objetiva, a obra se mostra de grande relevância para graduandos, alunos de pós-graduação, docentes e profissionais, apresentando temáticas e metodologias diversificadas, em situações reais

Aos autores, agradecemos pela confiança e espírito de parceria.

Boa leitura

Franciele Bonatto  
Henrique Ajuz Holzmann  
João Dallamuta

# Tecnologia e Engenharia em Foco

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
<b>ANÁLISE E DIMENSIONAMENTO TÉRMICO DO SISTEMA DE UM FREIO</b>	
<i>Franklin Lacerda de Araújo Fonseca Júnior</i> <i>David Domingos Soares da Silva</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9471915031</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>9</b>
<b>DETERMINAÇÃO E AVALIAÇÃO DA DUREZA E DA MICROESTRUTURA DO AÇO AISI 5160 NA CONDIÇÃO PADRÃO E ESFEROIDIZADO</b>	
<i>Anelise Pereira da Silva</i> <i>Suelen de Fátima Felisberto</i> <i>Amir Rivaroli Junior</i> <i>Cristina de Carvalho Ares Elisei</i> <i>Jorge Luiz Rosa</i> <i>Sérgio Roberto Montoro</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9471915032</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>17</b>
<b>INOVAÇÕES EM BROCA: UTILIZAÇÃO DE JATO DE ÁGUA COM ALTO CONTEÚDO ENERGÉTICO E ALARGADORES MECÂNICOS COMO PRINCÍPIO DE ESCAVAÇÃO</b>	
<i>Rafael Pacheco dos Santos</i> <i>Lidiani Cristina Pierri</i> <i>Jair José dos Passos Junior</i> <i>Anderson Moacir Pains</i> <i>Marcos Aurélio Marques Noronha</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9471915033</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>25</b>
<b>ESTUDO DE UM CONTROLADOR DE UM BRAÇO ROBÓTICO COM DOIS GRAUS DE LIBERDADE COM BASE EM LMI</b>	
<i>Márcio Roberto Covacic</i> <i>Ruberlei Gaino</i> <i>Cesar Capobianco</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9471915034</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>33</b>
<b>INFLUÊNCIA DA VARIAÇÃO DA POTÊNCIA DE SOLDAGEM NO PROCESSO DE SOLDAGEM A LASER NO AÇO BLAR</b>	
<i>Ana Paula Alves de Oliveira</i> <i>Francisco Cardoso de Melo Junior</i> <i>Amir Rivaroli Junior</i> <i>Emerson Augusto Raymundo</i> <i>João Maurício Godoy</i> <i>Marcelo Bergamini de Carvalho</i> <i>Sérgio Roberto Montoro</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9471915035</b>	

<b>CAPÍTULO 6 .....</b>	<b>42</b>
<b>IMPLEMENTAÇÃO DE UMA TÉCNICA DE CONTROLE PREDITIVO NÃO LINEAR PRÁTICA NO ACIONAMENTO DE UM MOTOR CC</b>	
<i>Cleber Asmar Ganzaroli</i>	
<i>Douglas Freire de Carvalho</i>	
<i>Luiz Alberto do Couto</i>	
<i>Rafael Nunes Hidalgo Monteiro Dias</i>	
<i>Wesley Pacheco Calixto</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9471915036</b>	
<b>CAPÍTULO 7 .....</b>	<b>55</b>
<b>IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMA DE PRESENÇA USANDO LEITOR CCD E CRIPTOGRAFIA NO MODELO DE CIFRA DE VIGÊNERE</b>	
<i>Éric Dias Souza</i>	
<i>Victor Francisco Rigolo Fernandes de Almeida</i>	
<i>Wagner dos Santos Clementino de Jesus</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9471915037</b>	
<b>CAPÍTULO 8 .....</b>	<b>61</b>
<b>MODELAGEM DINÂMICA E CONTROLE PID DE MANIPULADORES ROBÓTICOS COM APLICAÇÃO NO ROBÔ DENSO VP6242G</b>	
<i>Leonardo Augusto Arruda</i>	
<i>Márcio Roberto Covacic</i>	
<i>Ruberlei Gaino</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9471915038</b>	
<b>CAPÍTULO 9 .....</b>	<b>81</b>
<b>MODELAGEM CINEMÁTICA E SIMULAÇÃO 3D DO MANIPULADOR INDUSTRIAL DENSO VP6242G</b>	
<i>Giovani Augusto de Lima Freitas</i>	
<i>Márcio Roberto Covacic</i>	
<i>Ruberlei Gaino</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9471915039</b>	
<b>CAPÍTULO 10 .....</b>	<b>103</b>
<b>PROGRAMAÇÃO LÓGICA INDUTIVA APLICADA À COMPUTAÇÃO MUSICAL: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA</b>	
<i>Clenio Batista Gonçalves Junior</i>	
<i>Murillo Rodrigo Petrucelli Homem</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.94719150310</b>	
<b>CAPÍTULO 11 .....</b>	<b>119</b>
<b>ANÁLISE DA MICROESTRUTURA DO FERRO FUNDIDO FC 250 SOB EFEITO DA CORROSÃO EM SOLUÇÃO ÁCIDA</b>	
<i>Lariane Ferreira Sena</i>	
<i>Rafaela Cunha dos Reis</i>	
<i>Aline Alcamin Monteiro</i>	
<i>Paula Luisa Silva</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.94719150311</b>	

**CAPÍTULO 12 ..... 130**

**SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE CÉRIA DOPADA COM GADOLÍNIA E CO-DOPADA COM ÓXIDO DE COBRE**

*Raquel Rodrigues do Nascimento Menezes  
Thamyscira Herminio Santos da Silva  
Allan Jedson Menezes de Araújo  
Erik Benigno Grisi de Araújo Fulgêncio  
Lizandra Fernanda Araújo Campos  
Ricardo Peixoto Suassuna Dutra  
Daniel Araújo de Macedo*

**DOI 10.22533/at.ed.94719150312**

**CAPÍTULO 13 ..... 146**

**CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA E MICROESTRUTURAL DE LIGAS CU-AL-MN PASSÍVEIS DO EFEITO MEMÓRIA DE FORMA ENVELHECIDAS**

*Marcos Barbosa Dos Anjos Filho  
Carlos Cássio de Alcântara  
José Joelson de Melo Santiago*

**DOI 10.22533/at.ed.94719150313**

**CAPÍTULO 14 ..... 153**

**INFLUÊNCIA DE DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DO ADITIVO DE CARBONO MICROGRAF® 9930MA NA CAPACIDADE C-20 DA PLACA NEGATIVA DE BATERIAS CHUMBO-ÁCIDO**

*Lucas Carvalho Santana  
André Castilho dos Santos  
Cynthia Mayara de Carvalho  
Gilberto Augusto de Oliveira Brito  
Christiano Jorge Gomes Pinheiro*

**DOI 10.22533/at.ed.94719150314**

**CAPÍTULO 15 ..... 162**

**DETERMINAÇÃO DE SÓLIDOS TOTAIS EM SUSPENSÃO NA ÁGUA PRODUZIDA: UMA ANÁLISE A PARTIR DE UMA PRÁTICA LABORATORIAL**

*Raul José Alves Felisardo  
Gabriela Menezes Silva  
César de Almeida Rodrigues*

**DOI 10.22533/at.ed.94719150315**

**CAPÍTULO 16 ..... 168**

**ADSORÇÃO DO CORANTE AZUL DE METILENO PELO BAGAÇO DE BUTIÁ PARA O TRATAMENTO DE EFLUENTES**

*Luciana Machado Rodrigues  
Vanessa Rosseto  
Clarissa Ferreira Pin  
Ethielle Bordignon de Carvalho Prestes*

**DOI 10.22533/at.ed.94719150316**

**CAPÍTULO 17 ..... 176**

**DESENVOLVIMENTO, CARACTERIZAÇÃO E APLICAÇÃO DE UM NOVO ADSORVENTE DE BAIXO CUSTO NA ADSORÇÃO E DESSORÇÃO MONO E MULTICOMPONENTE DE METAIS PESADOS EM COLUNA DE LEITO FIXO**

*Gabriel André Tochetto  
Danieli Brandler  
Deisy Maria Memlak  
Francine Caldart  
Gean Delise L. P. Vargas  
Cleuzir da Luz  
Joceane Pigatto  
Adriana Dervanoski*

**DOI 10.22533/at.ed.94719150317**

**CAPÍTULO 18 ..... 187**

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DO COMPLEXO OXALATO DE NÍOBIO NA OBTENÇÃO DE BIODIESEL SOB VIA METÁLICA**

*Rayane Ricardo da Silva  
Carlson Pereira de Souza  
Tiago Fernandes Oliveira  
Maria Veronilda Macedo Souto  
Angelinne Costa Alexandrino*

**DOI 10.22533/at.ed.94719150318**

**CAPÍTULO 19 ..... 195**

**ANÁLISE DA COMPATIBILIDADE ENTRE RESÍDUO OLEOSO DA INDÚSTRIA DE E & P DE PETRÓLEO E CIMENTO PORTLAND PARA UTILIZAÇÃO EM CONCRETO**

*Yane Coutinho Lira  
Fernanda Cavalcanti Ferreira  
Romildo Alves Berenguer  
Rodrigo Mendes Patrício Chagas  
Ana Maria Gonçalves Duarte Mendonça  
Milton Bezerra das Chagas Filho*

**DOI 10.22533/at.ed.94719150319**

**CAPÍTULO 20 ..... 205**

**RETENÇÃO DE ÍONS METÁLICOS DE COBRE E ZINCO EM CASCA DE MARACUJÁ AMARELO**

*Bianca de Paula Ramos  
Rosane Freire Boina*

**DOI 10.22533/at.ed.94719150320**

**SOBRE OS ORGANIZADORES..... 217**

## INOVAÇÕES EM BROCA: UTILIZAÇÃO DE JATO DE ÁGUA COM ALTO CONTEÚDO ENERGÉTICO E ALARGADORES MECÂNICOS COMO PRINCÍPIO DE ESCAVAÇÃO

### **Rafael Pacheco dos Santos**

BraBo Indústria e Comércio LTDA  
Palhoça – SC

### **Lidiani Cristina Pierri**

BraBo Indústria e Comércio LTDA  
Palhoça – SC

### **Jair José dos Passos Junior**

BraBo Indústria e Comércio LTDA  
Palhoça – SC

### **Anderson Moacir Pains**

BraBo Indústria e Comércio LTDA  
Palhoça – SC

### **Marcos Aurélio Marques Noronha**

Universidade Federal de Santa Catarina  
Florianópolis - SC

**RESUMO:** A indústria do petróleo envolve milhões de dólares na perfuração de um poço de petróleo e a busca por redução de custo é incessante. Uma das alternativas mais investigadas é a redução do tempo de perfuração através da melhora nos índices de taxa de perfuração. Nesse contexto inovações no setor de brocas de perfuração são muito bem vindas. Uma inovação radical, que já é analisada desde a década de 1970, é a utilização do jato d'água de alto conteúdo energético juntamente com partículas abrasivas no processo de escavação. Isso já é implementado atualmente na grande maioria das operações, mas sempre com o jato

atuando como papel secundário. Utilizando a metodologia de desenvolvimento de projeto PRODIP, desenvolvida pela Universidade Federal de Santa Catarina, é proposto um conceito de broca que utiliza o jato como princípio fundamental e alargadores mecânicos para a definição final do diâmetro do poço. A ideia é fragilizar o terreno através da execução do pré-furo e permitir que os alargadores mecânicos escavem apenas as bordas, reduzindo significativamente o desgaste mecânico. Esse processo é então repetido mais uma vez e o diâmetro final é atingido. O desenvolvimento de maneira sistemática de um conceito baseado em inovações radiais, balizado por requisitos de projeto que valorizam maior eficiência e um ciclo operacional diferenciado que permite a redução do consumo de insumos e peças além da redução de tamanho e peso agrega à engenharia e indústria de petróleo. Apesar de não completamente dimensionado, esse conceito mostrou-se simples e factível de ser testado.

**PALAVRAS-CHAVE:** Broca, Corte por jato d'água, Alargadores

**ABSTRACT:** The Oil and Gas industry spends millions of dollars in an oil well drilling and the reduction cost is an incessant search. One of alternative more investigated is the reduction of the drilling time through better rate of penetration

(ROP) indexes. In this context innovations are welcomes. One radical innovation, analyzed since 1970, is the utilization of high power abrasive water jets (HPAWJ) in excavation process. It is already utilized in majority of operation but always as an auxiliary excavation technology. Utilizing the development method PRODIP, developed by Santa Catarina Federal University, is proposed a drill bit concept which make use of HPAWJ as main excavation principle and reamers for diameter increase. The idea is make weaker the excavation material through an initial hole executed by HPAWJ technology and finish the process with reamers performance, reducing, by the way, the wearing of mechanical tool. The systematic development of drill bit concept utilizing radical innovations is an important contribution for academic and oil and gas industry. Despite of completely design, the concept proved be simple and capable to be test it.

**KEYWORDS:** Drill bit, High Power Abrasive Water Jet Cutting, reamers

## 1 | INTRODUÇÃO

A busca por melhores desempenhos e menores custos é incessante na indústria do petróleo. Quando o assunto é execução de poços, esse desejo transformasse em pressão por perfurar cada vez mais rápido. Isso devesse ao fato de que parte significativa do tempo de uma sonda é gasto com operações de perfuração.

Um estudo realizado pelo renomado Instituto de Tecnologia de Massachusetts (Massachusetts Institute Technology - MIT) em parceria com o Instituto de tecnologia de Gás (Gas Technology Institute – GTI) dos Estados Unidos mostrou que mais do que um terço do tempo gasto em campo é utilizado em atividades de perfuração. Isso se torna ainda mais significativo em poços ultra-profundos cujo tempo supera os 50% do total em campo (Andersen, 1990). Logo a redução do tempo de perfuração significa redução no tempo de sonda e por conseqüência redução nos custos totais. Essa lógica movimenta tanto indústria quanto academia na busca por melhores índices de taxa de penetração (Rate of Penetration – ROP), principal indicador da eficiência do processo de perfuração.

Segundo Cohen (2005), apesar das diversas abordagens consideradas para melhora do ROP, a grande maioria foi julgada inviável. Geralmente os modestos incrementos de desempenho são ofuscados por incrementos mais significativos no tempo de manutenção. Uma exceção foi a utilização de jatos d’água de alta pressão na interface de escavação. Atualmente essa prática é corriqueira e tem como objetivo reduzir a temperatura além de lubrificar e remover os detritos da frente de escavação.

Já a tecnologia de “Perfuração por Jato d’água” (em inglês *Jet Kerf Drilling* – JKF) tem uma abordagem diferente. Ela tem como objetivo a redução da resistência do material escavado pela transferência de energia através do jato, fragilizando, dessa forma, a frente de perfuração e permitindo que sistemas mecânicos (especialmente projetados) executem a função de escavação com maior velocidade e com menor desgaste.

Segundo Cohen (2005) a Perfuração por jato d'água teve e continua tendo potencial para compor, juntamente com outras tecnologias de contato mecânico, uma broca cuja taxa de penetração apresente significativos incrementos. Esse fato estimula desde a década de 50 do século passado diversas investigações.

A primeira abordagem foi conduzida por engenheiros soviéticos que mostraram a eficiência do jato d'água em auxiliar o corte de rochas por *bits* mecânicos, culminando na comprovação da aplicabilidade da tecnologia no auxílio do processo de escavação em escarificadoras comerciais.

O uso do jato d'água na indústria do petróleo teve desenvolvimento paralelo. O trabalho de Maurer et al. (1973) foi um marco para esse desenvolvimento. Ele propôs um conceito de broca que faz uso de jatos d'água e *bits* mecânicos na região de contato entre broca e rocha. A ideia é criar ranhuras no material escavado pela ação de diversos bicos de jato d'água. Essas ranhuras, por sua vez, são esmagadas e arrancadas pela ação dos bits posicionados na face inferior da broca. Como os bits mecânicos encontram o material previamente fragilizado pela ação do jato d'água, o desgaste mecânico é significativamente menor. Essa proposta é ilustrada na figura 01.

Segundo Cohen (2005), nas décadas de 60 e 70 as empresas Exxon, Shell e Gulf realizaram um enorme levantamento experimental que mostrou que jatos d'água a pressão de 10.000 a 15.000 psi podem aumentar a taxa de penetração de duas ou quatro vezes. A Exxon, mais especificamente, conduziu testes em campo que comparou a taxa de penetração de brocas cônicas móveis, brocas fixas e uma broca que continha apenas bicos de jato d'água como tecnologia de perfuração. Os resultados mostraram que o desempenho do conceito com jato d'água foi superior. Em um dos testes realizado em um poço no leste do Texas, uma broca composta de apenas de bicos de jato d'água perfurou de 2.400 até 6.000 metros em apenas 24 horas enquanto a sua similar de contato mecânico precisou de 67 horas. Na década de 80 e 90 o destaque foi para a empresa FlowDrill que desenvolveu um sistema com *drill pipes* concêntricos para bombeamento de fluidos a ultra pressão (Maurer, 1986).

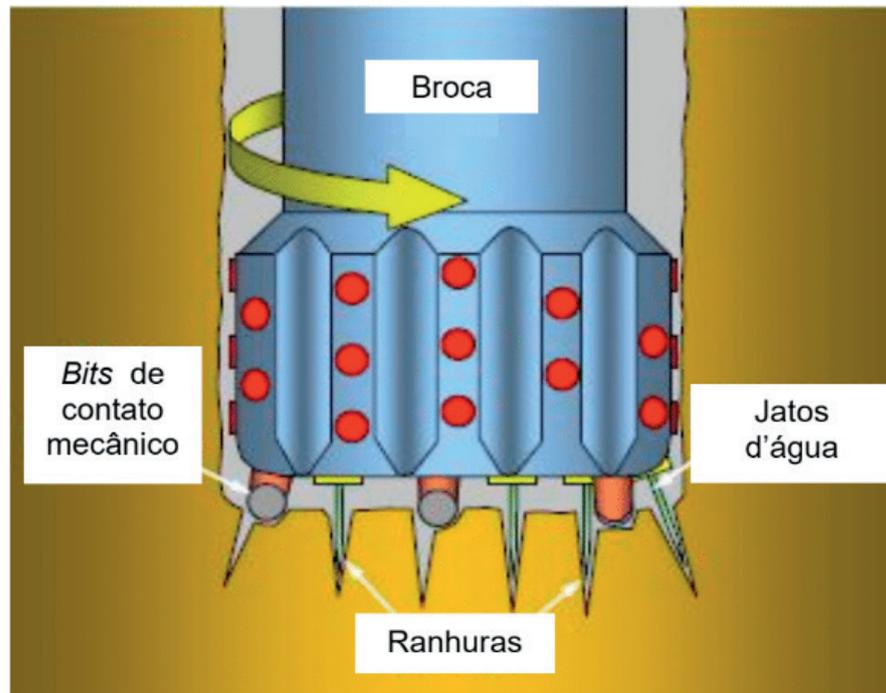


Figura 01 - Conceito proposto em Maurer

Fonte: Adaptado de Maurer et al. (1973)

Extensivos vazamentos e o alto consumo energético registrado nos testes em campo impediram a continuidade no processo de desenvolvimento da tecnologia. Atualmente esses problemas são minimizados por uma nova geração de bombas (mais eficientes) e o desenvolvimento de tubos contínuos (*coiled tubing* - CT).

O presente trabalho visa propor um novo conceito de broca que utiliza jato d'água e abrasivo injetado que, com alta pressão e vazão, fragiliza a interface de perfuração que posteriormente será escavada por dois estágios de alargadores mecânicos. Baseado no trabalho apresentado por Lu et al. (2013), o conceito encontra-se no processo de detalhamento e análise numérica.

## 2 | METODOLOGIA

Atualmente reconhece-se que as decisões tomadas no início do processo de desenvolvimento do produto têm papel fundamental na manufatura, qualidade e custos finais do produto. Segundo Back et al. (2008) as influências negativas da definição incorreta dos requisitos sobre o processo de decisão e a definição inadequada da função de projeto sobre a funcionalidade exemplificam a importância de um processo de desenvolvimento que minimize decisões empíricas ou por tentativa e erro.

Com esse objetivo vários métodos foram propostos para diversos setores industriais e tipos de desenvolvimento. Dentre eles destaca-se o modelo proposto por Romano (2003) e revisado por Leonel (2006) que sistematiza as pesquisas realizadas pelo Núcleo de Desenvolvimento Integrado de Produtos (NEDIP) da UFSC denominado PRODIP (Processo de desenvolvimento integrado de produtos). Esse

modelo, como mostra a figura 02, é dividido em oito etapas distribuídas em três macrofases: Planejamento, Projetação e Implementação.

Enquanto a macrofase de Planejamento preocupa-se com os processos de planejamento do projeto, que considera as ações para a elaboração do plano de projeto, visando orientar o desenvolvimento do produto e suas demais fases. A macrofase de Projetação envolve os processos para elaboração do projeto do produto, ou seja, a transformação das informações de necessidades em informações técnicas detalhadas da solução proposta. Esta macrofase é composta pelas etapas de projeto informacional, conceitual, preliminar e detalhado. (Back et al., 2008).

Como ilustra a figura 01 o objetivo do desenvolvimento proposto é apenas definir novos conceitos, as etapas de projeto preliminar e detalhado da macrofase de Projetação e todas da macrofase de Implantação e Planejamento de projeto não fazem parte do escopo do trabalho. Os métodos e ferramentas utilizados para as etapas do projeto informacional e conceitual do desenvolvimento do projeto juntamente com seus respectivos propósitos são mostrados na tabela 01.

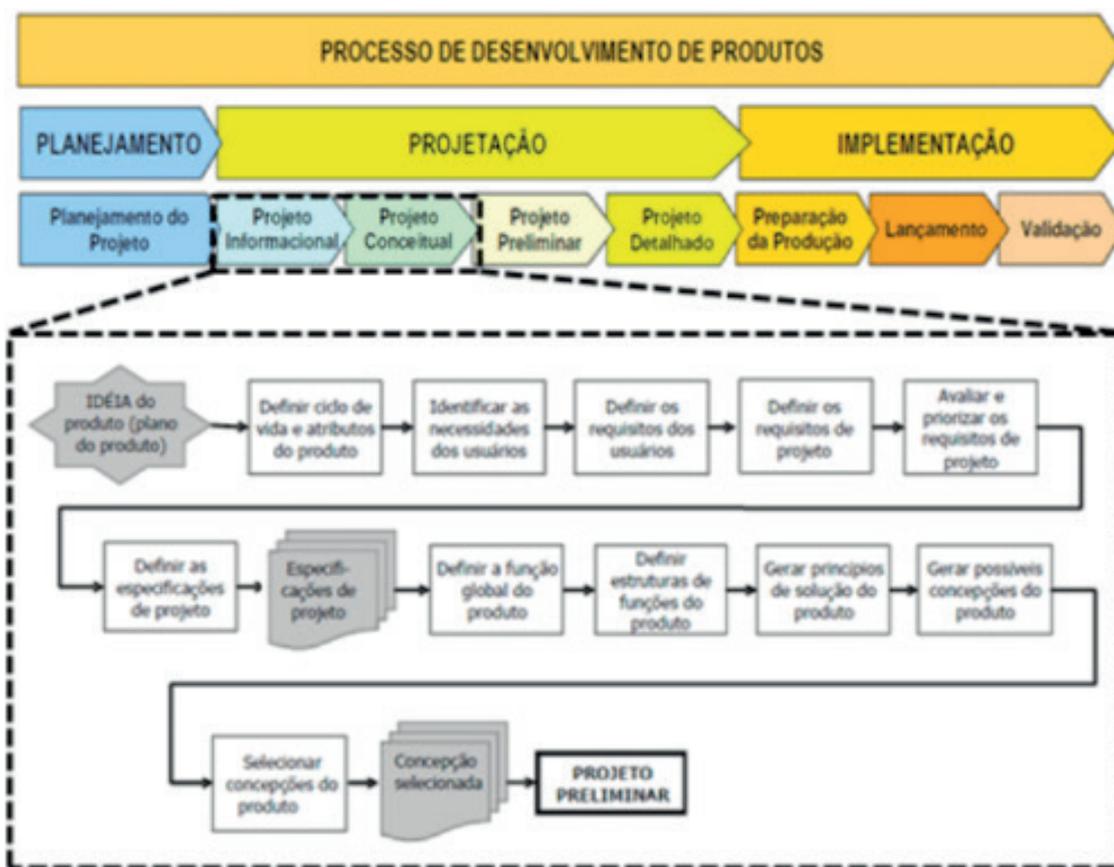


Figura 2 - Etapas do desenvolvimento adotadas

Macrofase	Etapas	Métodos	Resultado da etapa
Projeto informacional	Ciclo de vida e atributos do produto	Reunião de projeto e brainstorming	Definição do ciclo de vida e principais atributos
	Identificar as necessidades dos usuários	Reuniões de projeto, brainstorming e revisão de material publicado	Identificação dos principais usuários e definição das suas necessidades
	Definir os requisitos dos usuários	Classificação apresentada em (Back, 2008)	Requisitos de usuário
	Definir os requisitos de projeto	Reunião de projeto e brainstorming	Requisitos de projeto e obrigatoriedade
	Avaliar e priorizar os requisitos de projeto	Casa da qualidade do método QFD ( <i>Quality Function Deployment</i> )	Ponderação dos requisitos de projeto
	Definir as especificações de projeto	Reunião de projeto	Especificações de projeto
Projeto conceitual	Definir a função global do produto	Síntese funcional	Estabelecer função global de projeto identificando entradas e saídas
	Definir a estrutura de subfunções de produto	Síntese funcional	Estabelecer estrutura de subfunções e suas relações com as grandezas de entrada
	Gerar princípios de solução do produto	Métodos gerais de criatividade ( <i>brainstorming</i> , pesquisa de patentes, etc...)	Soluções para as diversas subfunções
	Gerar possíveis concepções do produto	Combinação das soluções através da Matriz morfológica	Definição das possíveis concepções
	Selecionar concepções do produto	Exame “Passa ou Não Passa” e função mérito	Classificação das concepções quanto a adequabilidade à função de projeto

Tabela 1 - Métodos e ferramentas utilizadas no desenvolvimento do projeto

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

As tecnologias atuais de brocas exigem que a tensão máxima de compressão ou a tensão máxima de cisalhamento sejam superadas para que a rocha seja desagregada. Tal fato produz um desgaste excessivo nos componentes em contato com a rocha além de exigir um alto torque na coluna de perfuração. Uma abordagem que permite a redução desses inconvenientes é a execução de um pré-furo seguido por um processo de alargamento mecânico, como mostra a figura 03.a.

A ideia é fragilizar o terreno através da execução do pré-furo e permitir que os alargadores mecânicos escavem apenas as bordas, reduzindo significativamente o desgaste mecânico. Esse processo é então repetido mais uma vez e o diâmetro final é atingido. O modelo tridimensional do conceito é mostrado na figura 03.b.

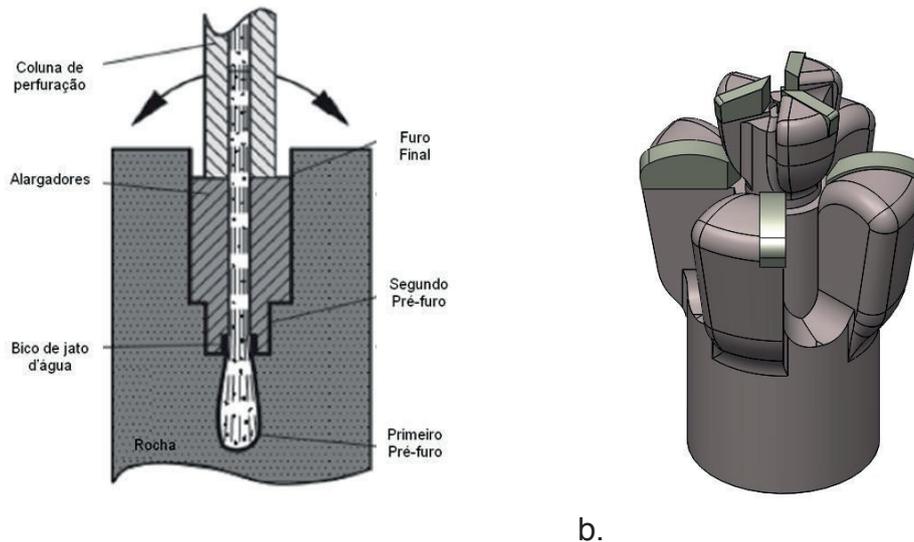


Figura 3 - Princípio de funcionamento do conceito

Ele é formado por dois estágios de alargadores, com três e quatro dentes respectivamente. Cada dente, por sua vez, possui uma pastilha de usinagem fabricada em carbeto de tungstênio com alto nível de resistência à abrasão. Enquanto os ângulos de ataque e saída são de 10 e 4 graus, os diâmetros do pré-furo e dos estágios são 1, 3 e 6 polegadas.

#### 4 | CONCLUSÃO

Apesar de não dimensionado, o conceito baseado em inovações radicais e elaborado de uma maneira sistemática mostrou-se simples e factível de ser testado. Balizados por requisitos e especificações voltados para aprimoramento do desempenho da broca, o conceito renega algumas das principais características das brocas tradicionais e posiciona-se como conceito alternativo aos apresentados no âmbito da tecnologia de “perfuração por jato d’água.” O ciclo operacional adotado também é uma significativa contribuição do trabalho e pode ajudar em posteriores desenvolvimentos. Por fim, o conceito mostra-se racional e capaz de ser testado.

#### 5 | AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem pelo suporte financeiro concedido pela Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) através do projeto N° 0112051100.

#### REFERÊNCIAS

ANDERSEN, E. Deep Drilling Basic Research – Final Report. Gas Research Institute Report GRI-90/02665.1, by Maurer Engineering Inc., 1990

BACK, N. et al. Projeto integrado de produtos: planejamento, concepção e modelagem. Barueri: Malone, 2008.

COHEN, John Hall et al. High-pressure jet kerf drilling shows significant potential to increase ROP. In: **SPE Annual Technical Conference and Exhibition**. Society of Petroleum Engineers, 2005.

LEONEL, C. E. L. Sistematização do processo de planejamento da inovação de produtos com enfoque em empresas de pequeno e médio porte. Universidade Federal de Santa Catarina, 2006. (Dissertação de Mestrado)

LU, Y. et al. Hard rock drilling technique with abrasive water jet assistance. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, n. 60, p. 47-56, 2013.

MAURER, W.C. et al. High-pressure drilling. *Journal of Petroleum Technology*, v. 25, n. 07, p. 851-859, 1973.

MAUER, W. C. et al. Laboratory Testing of High-Pressure, High-Speed PDC Bits. In: **SPE Annual Technical Conference and Exhibition**. Society of Petroleum Engineers, 1986.

ROMANO, L. N. **Modelo de referência para o processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas**. Universidade Federal de Santa Catarina, 2003. (Dissertação de Mestrado)

*WILLSON, S.; FREDRICH, J. Geomechanics considerations for through and near-salt well design. SPE, Society of Petroleum Engineers, Texas, 2005.*

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-194-7

