



**ABEQ** Associação Brasileira  
de Engenharia Química

**Revista Brasileira de  
Engenharia Química**

Vol. 33 - nº 1 / 2017 / ISSN 0102-9843

# Uma Engenharia Química 4.0

## REPORTAGENS

- *Uma Engenharia Química 4.0*
- *Programa de computador com aplicabilidade em microdestilarias de etanol à base de cana-de-açúcar*

## ARTIGOS

- *Big Data Analytics em Engenharia Química*
- *Visual Analytics – Buscando o Desconhecido*

## EVENTOS

- *A ABEQ-RS presente no Programa UFRGS Portas Abertas*

## OPINIÃO

- *Cooperar é o segredo do sucesso*
- *A obsolescência*

## PROFESSOR ABEQ

- *Entrevista com a Professora Anamaria de Oliveira Cardoso*



# ABEQ Associação Brasileira de Engenharia Química

A Associação Brasileira de Engenharia Química (ABEQ) é uma sociedade sem fins lucrativos que congrega pessoas e empresas interessadas no desenvolvimento da Engenharia Química no Brasil.

Há mais de quatro décadas a ABEQ desempenha importante papel na valorização dos profissionais e estudantes da engenharia química em nosso país, bem como na divulgação da engenharia química e de sua contribuição para a melhoria da qualidade de vida dos cidadãos.

A ABEQ oferece ainda uma variedade de serviços que ajudam a comunidade de engenharia química a melhor posicionar-se quanto aos desafios do presente e do futuro nas áreas tecnológica, científica e de ensino.



## Nossos Serviços

**CURSOS:** ABEQ oferece diversos cursos de extensão.

**CONGRESSOS:** COBEQ - Congresso Brasileiro de Engenharia Química.

ENBEQ - Encontro Brasileiro sobre o Ensino de Engenharia Química.

COBEQ-IC - Congresso Brasileiro em Iniciação Científica de Engenharia Química.

SINAFERM - SHEB - Simpósio Nacional de Bioprocessos e Seminário de Hidrólise Enzimática de Biomassa.

**PRÊMIO:** Prêmio Incentivo à Aprendizagem, dedicado aos melhores formandos dos cursos de Engenharia Química.

## Publicações

### BJChE



**Brazilian Journal of Chemical Engineering:** periódico trimestral que publica artigos científicos em inglês.

### BIM



**Boletim Informativo:** é uma edição mensal, buscando transmitir notícias relevantes sobre Engenharia Química no Brasil e Exterior.

### REBEQ



**Revista Brasileira de Engenharia Química:** a publicação quadrimestral promove o debate sobre questões relacionadas à engenharia química e suas relações com a sociedade.

**REGIONAIS:** Aqui você encontra informações sobre atividades das regionais da ABEQ.

**REGIONAL BAHIA**  
regionalba@abeq.org.br

**REGIONAL PARÁ**  
regionalpa@abeq.org.br

**REGIONAL PERNAMBUCO**  
regionalpe@abeq.org.br

**REGIONAL RIO DE JANEIRO**  
regionalrj@abeq.org.br

**REGIONAL RIO GRANDE DO NORTE**  
regionalrn@abeq.org.br

**REGIONAL RIO GRANDE DO SUL**  
regionalrs@abeq.org.br

**REGIONAL SÃO PAULO**  
regionalsp@abeq.org.br

**ASSOCIE-SE:** Para associar-se à ABEQ basta indicar a uma das modalidades de sócio. Além da carteira de sócio o associado passa a usufruir de vantagens exclusivas da ABEQ. Como desconto em Cursos, Seminários e Congressos promovidos pela ABEQ. Convênios com Livrarias, Escolas de Idiomas, entre outros descontos que chegam até 20% na apresentação da carteirinha.

### SÓCIOS COOPERADORES



### SÓCIOS COLETIVOS





Maria Cristina Silveira Nascimento  
Presidente da ABEQ

Prezado(a) leitor(a),

Estamos inseridos em um ambiente cada vez mais digital. Novas tecnologias estão transformando o mercado de trabalho e a maneira como a indústria gere seus processos. Atualmente há uma grande quantidade de dados disponíveis que servem de suporte à tomada de decisões, sejam elas operacionais ou estratégicas.

Internet das Coisas, computação em nuvem, inteligência artificial, desenvolvimento da robótica e impressão 3D, advanced analytics e big data são temas que o engenheiro químico moderno deve conhecer. Para a indústria, entender o impacto deste novo paradigma é fundamental para garantir boas estratégias e não perder possíveis vantagens competitivas.

A revista traz inicialmente uma reportagem sobre como estas tecnologias podem afetar a indústria química e qual o papel do engenheiro químico frente aos novos desafios. Como nada ocorre da noite para o dia, um histórico destas transformações é apresentado brevemente em um artigo especial para a Rebeq elaborado por experientes profissionais do setor empresarial.

As mudanças provocadas por novas tecnologias digitais também têm efeito na

forma como se aprende e se ensina a engenharia química. Por isso, a Rebeq traz uma reflexão sobre o assunto, iniciada no último Encontro Brasileiro sobre o Ensino de Engenharia Química (ENBEQ).

Esta edição traz ainda dois artigos técnicos sobre Visual Analytics e Big Data, além de uma reportagem sobre o desenvolvimento de um aplicativo para microdestilarias de etanol à base de cana-de-açúcar.

Mantendo-se fiel à sua missão de aproximar a comunidade de engenharia química nacional, valorizar o engenheiro químico e divulgar as iniciativas de nossa rede de profissionais, esta edição traz mais um perfil “professor ABEQ” e uma seção de eventos em que participamos através de nossas regionais.

Esta edição coloca o leitor no centro da quarta revolução industrial, a chamada indústria 4.0. Novas tecnologias digitais: as mudanças, o histórico, exemplos industriais e acadêmicos, o impacto no ensino de engenharia química e a atuação de nossa comunidade. É a estória que esta edição da Rebeq tem a contar.

Boa leitura! ●

## SOBRE A ABEQ

### A ABEQ e você

Associando-se à ABEQ você impulsiona sua carreira profissional e se posiciona melhor frente aos novos desafios que a sociedade impõe sobre a profissão.

A ABEQ lhe oferece múltiplas oportunidades de relacionamento a elite de profissionais da academia e da indústria. Também lhe dá acesso a informação científica e tecnológica de ponta e lhe oferece oportunidade de participação ativa na comunidade de engenharia química.

Confira:

- Oportunidades de contatos com colegas, associações, universidades, empresas e entidades governamentais.

- Organização de encontros nas áreas científica, tecnológica e de ensino que mobilizam cerca de 3000 profissionais.
- Organização de cursos de extensão e apoio a cursos de terceiros.
- Acesso a publicação científica trimestral com o respeitável índice de impacto 0,4 (Web of Knowledge), a revista técnico-comercial formato digital e um boletim eletrônico de notícias distribuído para mais de 110 mil contatos.
- Valorização do profissional através de prêmios para estudantes, formandos e pós-graduandos.

### FALE com a gente!

Contribua com opiniões, ideias, depoimentos e dúvidas.

Tel. 11 3107-8747

Fax 11 3104-4649

2ª a 6ª feira das 9 às 17 horas

E-mail: [rebeq@abeq.org.br](mailto:rebeq@abeq.org.br) ou



Informações e Novidades sobre a ABEQ em:

[www.abeq.org.br](http://www.abeq.org.br)

**Editor**

Galo Carrillo Le Roux

**Editor Associado**

Moisés Teles dos Santos

**Secretaria Executiva**

Bernadete Aguilar Perez

**Produção Editorial**

Always Propaganda

(19) 99408-8528 - www.always.com.br

**Redação, Correspondência  
e Publicidade**

Rua Libero Badaró, 152 - 11º andar  
01008-903 - São Paulo - SP

Tel.: (11) 3107-8747 - fax: (11) 3104-4649  
www.abeq.org.br - e-mail: abeq@abeq.org.br

**ABEQ – GESTÃO 2016 - 2018**

**CONSELHO SUPERIOR**

Argimiro Resende Secchi, Flávio Faria de Moraes, Gorete Ribeiro de  
Macedo, Hely de Andrade Júnior, Marcelo Martins Seckler, Pedro  
Wongtschowski, Raquel de Lima Camargo Giordano, Ricardo de  
Andrade Medronho, Selene Maria de A.G. U. de Souza, Suzana  
Borschiver

**DIRETORIA**

Maria Cristina Silveira Nascimento - Diretora Presidente

Galo Antonio Carrillo Le Roux - Diretor Vice-Presidente

Ricardo da Silva Seabra - Diretor Vice-Presidente

Mayra Costa Matsumoto - Diretora Vice-Presidente

Moisés Teles dos Santos - Diretor Secretário

Mario José Montini - Diretor Tesoureiro

**REGIONAIS**

**Bahia**

Luciano Sergio Hocevar - Diretor Presidente

Elaine Christine de Magalhães Cabral Albuquerque - Diretora Vice-  
Presidente

**Pará**

Fernando Alberto Sousa Jatene - Diretor Presidente

Pedro Ubiratan de Oliveira Sabaa Srur - Diretor Vice-Presidente

**Pernambuco**

Laise Carvalho de Albuquerque Maranhão - Diretora Presidente

Luciano Costa Almeida - Diretor Vice-Presidente

**Rio de Janeiro**

Elcio Ribeiro Borges - Diretor Presidente

Claudinei de Souza Guimarães - Diretor Vice-Presidente

**Rio Grande do Norte**

Everaldo Silvino dos Santos - Diretor Presidente

André Luis Lopes Moriyama - Diretor Vice-Presidente

**Rio Grande do Sul**

Jorge Otávio Trierweiler - Diretor Presidente

Heitor Luiz Rossetti - Diretor Vice-Presidente

**São Paulo**

Carlos Calvo Sanz - Diretor Presidente

Denise Mazzaro Naranjo - Diretora Vice-Presidente

**DIRETORIA CONVIDADA**

Maria Elizabeth Brotto e Reinaldo Giudici

Os artigos assinados, declarações dos entrevistados  
e publicidade não refletem necessariamente a opinião  
da ABEQ.

É proibida a reprodução total ou parcial de textos e  
fotos sem prévia autorização.

A Revista Brasileira de Engenharia Química é  
propriedade da ABEQ – Associação Brasileira de  
Engenharia Química, conforme certificado  
1.231/0663-032 do INPI.

## Reportagens

Uma Engenharia Química 4.0 ..... 7

Programa de computador com aplicabilidade em  
microdestilarias de etanol à base de cana-de-açúcar ..... 21

## Artigos

Big Data Analytics em Engenharia Química ..... 15

Visual Analytics – Buscando o Desconhecido ..... 27

## Opinião

Cooperar é o segredo do sucesso ..... 11

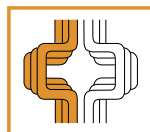
A obsolescência..... 22

## Professor ABEQ

Entrevista com a Professora Anamaria de Oliveira Cardoso ..... 37

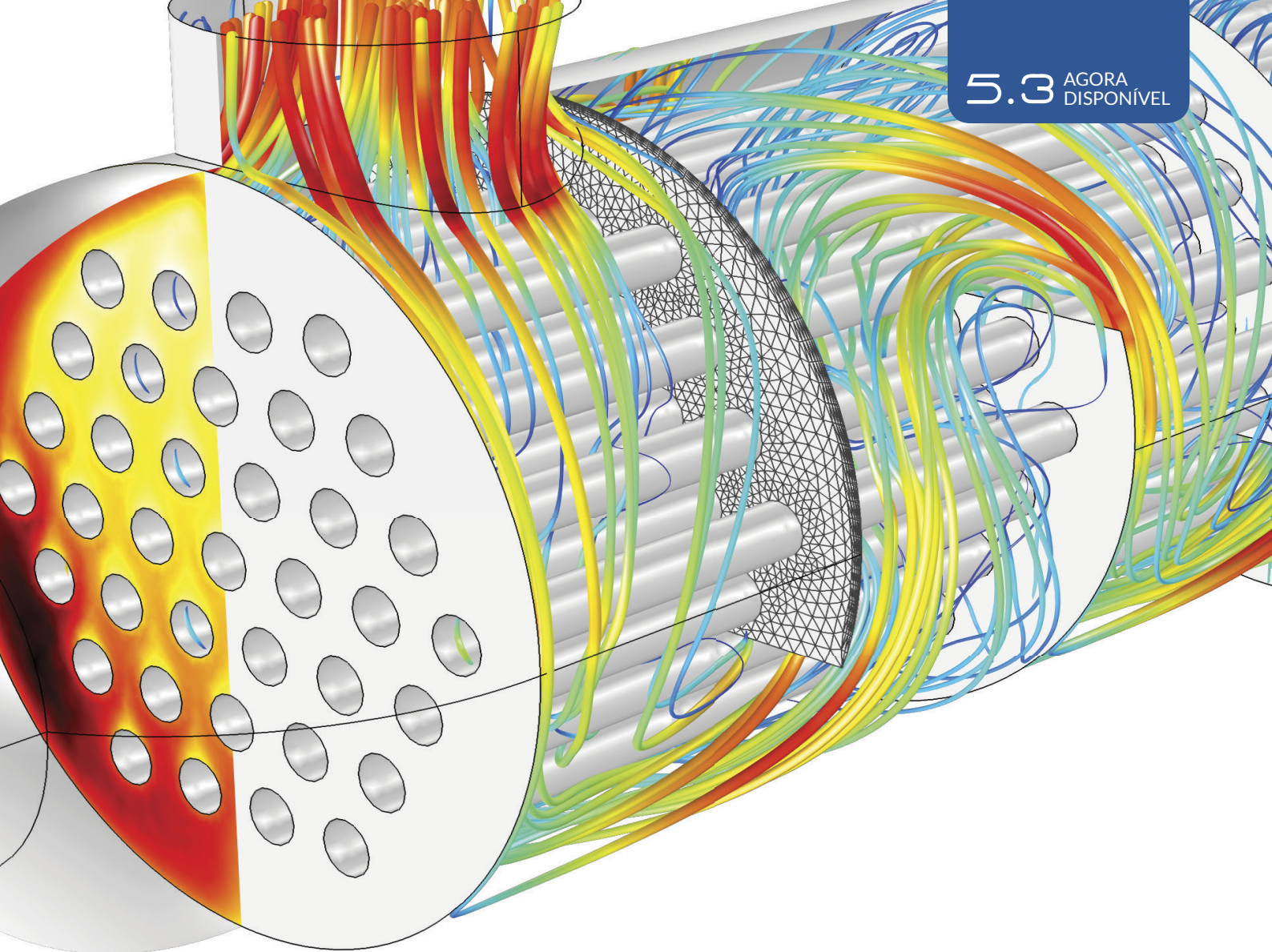
## Eventos

A ABEQ-RS presente no Programa UFRGS Portas Abertas..... 41



Informações e Novidades sobre a ABEQ em:

[www.abeq.org.br](http://www.abeq.org.br)



# ANALISE E OTIMIZE SEUS PROJETOS

com o COMSOL Multiphysics®

A evolução das ferramentas computacionais para simulação numérica de sistemas baseados em física atingiu um novo marco.

Supere com facilidade os desafios de projeto usando o COMSOL Multiphysics®. Trabalhe com poderosas ferramentas de modelagem matemática e sua tecnologia de solvers para entregar resultados de simulações precisos e abrangentes.

Desenvolva aplicativos personalizados usando o Application Builder e distribua-os em sua empresa e para clientes do mundo todo, através de uma instalação local do COMSOL Server™.

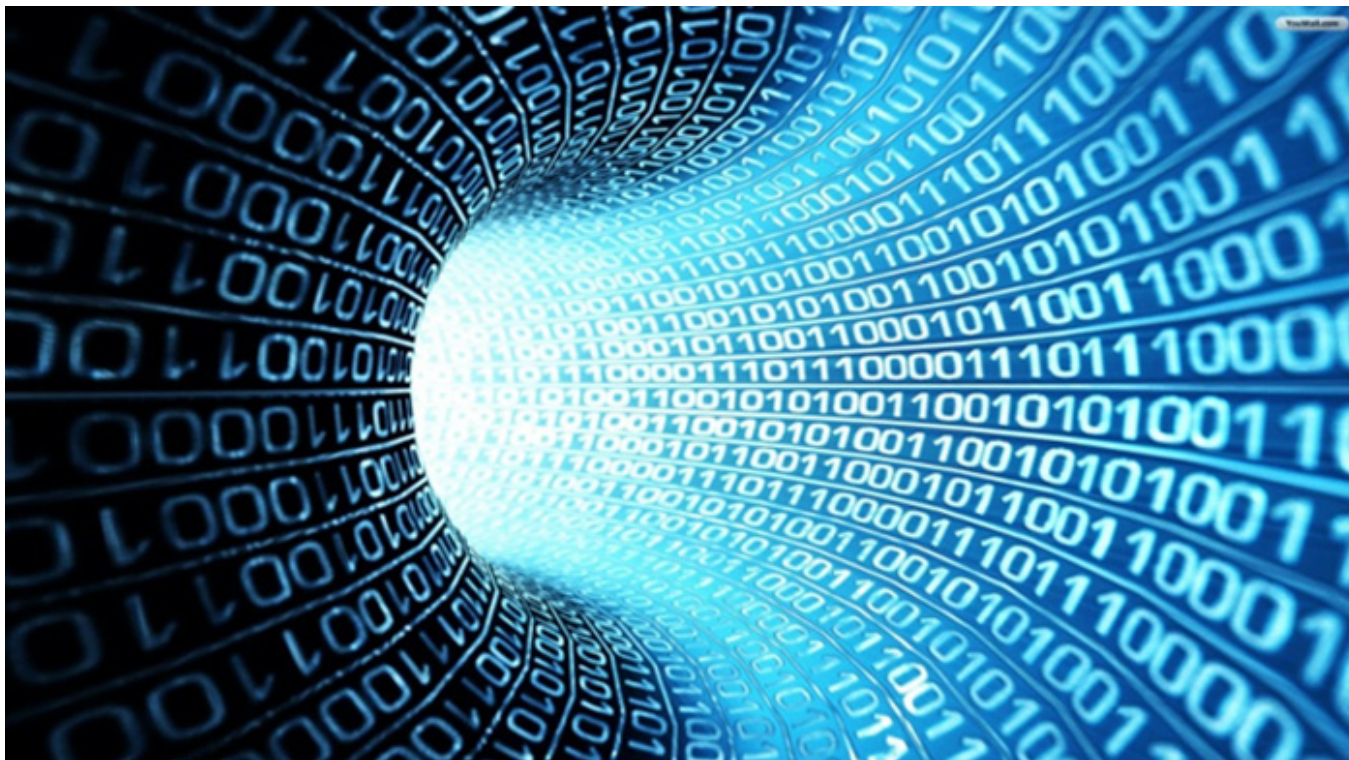
Tire proveito do poder da multifísica hoje, solicite uma apresentação ao vivo em [br.comsol.com](http://br.comsol.com)



## INVESTIR EM INOVAÇÃO E SUSTENTABILIDADE. ESSA É A FÓRMULA DA EVOLUÇÃO.

A Oxiteno oferece soluções que contribuem para a qualidade de vida e para a evolução sustentável das pessoas e do planeta, desenvolvendo tensoativos e especialidades químicas para os mercados de Agroquímicos, Cuidados Pessoais, Limpeza Doméstica e Institucional, Petróleo e Gás, Produtos de Performance e Tintas e Revestimentos.

# Uma Engenharia Química 4.0



## Novas tecnologias, novas indústrias

Internet das Coisas (IoT), computação em nuvem, inteligência artificial (IA), desenvolvimento de sistemas em robótica e impressão 3D, advanced analytics e big data. Estas tecnologias estão transformando o mercado de trabalho, o comércio, os setores de saúde e segurança, além de P&D e educação. Neste cenário, como a produção industrial e a indústria química em particular estão sendo influenciadas? O uso de grande quantidade de dados para tomada de decisões operacionais ou estratégicas não é novidade para a engenharia

química. Então, o que há de novo?

Uma quantidade sem precedentes de dados é atualmente gerada, armazenada e compartilhada. A chamada big data é marcada pela disponibilidade de uma grande quantidade de dados em diversas etapas, tais como geração de novos dados (ex.: redes sociais), nova capacidade de medição (ex.: IoT, equipamentos ditos inteligentes), aumento da capacidade de armazenamento (ex.: computação em nuvem) e novas tecnologias de processamento de dados (ex.: aprendizado de máquina, IA, computação cognitiva). Tudo isto abre oportunidades para decisões operacionais e de negócios mais

ágeis e responsivas a mudanças no mercado.<sup>1,2</sup> Nesse contexto, as transformações que podem ocorrer na indústria química são reflexo de um cenário ainda mais abrangente que caracteriza a chamada indústria 4.0.

## A Indústria 4.0

A conexão entre sensores, transmissores, sistemas de planejamento, dados governamentais, informações de fornecedores e clientes é uma tendência com significativas implicações para várias indústrias, incluindo os setores de mineração, agronegócio e óleo e gás. Este grande banco de dados virtual atualizado em tempo real é uma fonte de oportunidades para a indústria.

Este cenário no qual uma enorme quantidade de dados digitais compartilhados em tempo real servem de suporte a sistemas autônomos de tomada de decisão, orientando o planejamento de produção para respostas rápidas a mudanças externas, reduzindo custos de produção e melhorando indicadores de segurança, energéticos e ambientais caracteriza a chamada Indústria 4.0, cujo uso intensivo de ferramentas digitais é uma das características principais. É a próxima fase do processo de digitalização do setor industrial.

### Como a indústria química é afetada pelas tecnologias digitais

A indústria química tem grande potencial para absorver as transformações causadas pelas novas tecnologias digitais. E isso não só através de automação e sistemas de informação mais robustos. Segundo a consultoria Mckinsey<sup>3</sup>, existem três principais formas das novas tecnologias digitais influenciarem a indústria química:

- **Pelo aumento de desempenho nos processos de manufatura, vendas e marketing, pesquisa e desenvolvimento.**

Da indústria petroquímica à de especialidades químicas, o registro e interpretação de dados pode levar a maiores rendimentos, menores níveis de consumo de energia e manutenção mais efetiva, além



dos ganhos já atingidos com os sistemas tradicionais de TI e controle de processos. Há registros de aumentos de 10 % na produção (sem nenhum investimento em capital), redução de 25 % no consumo de vapor de alta pressão e redução de 26 % no consumo de energia em duas grandes indústrias químicas pelo uso de advanced analytics<sup>3</sup>. Em P&D, o desenvolvimento de novas especialidades químicas de valor agregado, com maiores margens e de maneira mais ágil; o uso de aprendizado de máquinas e advanced analytics para simular experimentos e capacidade preditiva no desenvolvimento de formulações.

- **Pelas mudanças nos clientes da indústria química**

Setores que são clientes da indústria química estão passando por mudanças que acabam afetando também a própria indústria química. Por exemplo, a agricultura de precisão, através do uso de imagens por satélite, dados geológicos, meteorológicos, geoespaciais e informações sobre sementes, fertilizantes e defensivos

agrícolas, tende a controlar a aplicação de pesticidas e fertilizantes para segmentos de campo da ordem de 1 metro



quadrado<sup>3</sup>. Dessa forma, pode haver redução significativa na demanda por químicos agrícolas. Outros exemplos são a migração do comércio para plataformas online, alterando segmentos da indústria química relacionados à fabricação de embalagens (ex: plásticos). A impressão 3D abre oportunidades de negócios para o mercado de termoplásticos de alta performance e aditivos para impressão.

- **Modelo de negócios atrelado ao desempenho de uso do cliente**

Acompanhar o desempenho do produto vendido enquanto

este é usado pelo cliente abre novos modelos de negócios. Como exemplo, citam-se catalisadores, químicos para tratamento de água e químicos para o setor agrícola. A venda de tais produtos com modelos de pagamento atrelados à performance real e não ao produto em si é possível pelo compartilhamento de dados em tempo real, acompanhando in situ o desempenho do produto.

O conhecimento, monitoramento e escolha de matérias-primas à distância, acompanhamento do transporte e armazenamento de materiais em tempo real, a manutenção de equipamentos dentre outros, são também oportunidades de maiores margens, rastreabilidade e segurança para a indústria química. A rede de consultorias KPMG destacou recentemente que com big data e ferramentas analíticas adequadas, muitas empresas do setor químico estão desenvolvendo soluções integradas a partir de dados de fornecedores, chão de fábrica, vendas, marketing, P&D e de terceiros <sup>4</sup>.

### Um engenheiro químico 4.0 ?

As indústrias químicas têm buscado um gerenciamento cada vez mais em tempo real de seus indicadores de desempenho, otimização da cadeia de suprimentos, controle e monitoramento remoto, manutenção preditiva e sistemas inteligentes de gestão de consumo de energia. Portanto, fica evidente que estas transformações terão impacto

**Neste cenário, o engenheiro químico deverá acompanhar de perto as novas tecnologias, colocando-as sempre a serviço daquilo que continuará sendo a sua missão fundamental: processos químicos mais eficientes, rentáveis, seguros e sustentáveis.**



**A cada dia, 2,5 quintilhões de bytes (1 quintilhão = 1 exabyte = 10<sup>18</sup> bytes) são criados. Cerca de 90% dos dados existentes atualmente foram criados nos últimos 2 anos. A origem destes dados é diversa: sensores, websites, imagens e vídeos digitais, registros de transações comerciais, sinais de GPS de telefones celulares etc.**

**Fonte: IBM, 2012.**

também nas ferramentas e habilidades que o engenheiro químico terá que ser capaz de utilizar e desenvolver.

De acordo com o Institution of Chemical Engineers (IChemE)<sup>5</sup>, dentre as 10 habilidades que os engenheiros químicos devem desenvolver, habilidades computacionais para novas tecnologias têm um papel de destaque. Os conhecimentos tradicionais de gestão e técnicos continuarão a ser importantes. Somar a isso novas habilidades em uma nova cultura digital parece ser o caminho para o engenheiro químico da indústria 4.0.

### Desafios nacionais e o papel (digital) do engenheiro químico

Segundo um estudo da Confederação Nacional da Indústria, o Brasil não está acompanhando da forma necessária o processo de modernização em curso. O uso de tecnologias digitais na indústria brasileira é pouco difundido: do total das indústrias analisadas, 58%



conhecem a importância dessas tecnologias para a competitividade da indústria e menos da metade as utiliza<sup>6</sup>. Neste estudo, a indústria química ocupa a 6ª posição no uso de tecnologias digitais com foco em processo e a 4ª posição quando o uso é com foco em produto.

Transformações no mercado: perda de mercados para uns, ganhos e oportunidades para outros. O fato é que a indústria química deverá se posicionar frente aos impactos que as novas tecnologias poderão trazer ao setor em que está inserida. Neste cenário, o engenheiro químico deverá acompanhar de perto as novas tecnologias, colocando-as sempre a serviço daquilo que continuará sendo a sua missão fundamental: processos químicos mais eficientes, rentáveis, seguros e sustentáveis. ●

## Referências

<sup>1</sup> Chiang, L., Lu, B., Castillo, I. Big Data Analytics in Chemical Engineering. *Annu. Rev. Chem. Biomol. Eng.*, 8:63–85, 2017.

<sup>2</sup> White D. 2016. Big data: What is it? *CEP Magazine*, março, pp. 33–35.

<sup>3</sup> Klei, A., Moder, M., Stockdale, O., Weihe, U., Winkler, G. *Digital in chemicals: From technology to impact*. McKinsey & Company, 2017.

<sup>4</sup> KPMG. Big data means big opportunities for chemical companies. <https://home.kpmg.com/xx/en/home/insights/2016/07/big-data-means-big-opportunities-chemical-companies.html> Acesso em: 14/07/2017.

<sup>5</sup> Maitland, G. 2014. <https://ichemeblog.org/2014/09/>

[18/ten-skills-chemical-engineers-should-be-talking-about-day-114/](http://www.chemical-engineers.org/2016/10/18/ten-skills-chemical-engineers-should-be-talking-about-day-114/) Acesso em: 15/09/2016.

<sup>6</sup> CNI Confederação Nacional da Indústria. Indústria 4.0: novo desafio para a indústria brasileira. *Indicadores CNI* ISSN 2317-7330, Ano 17, número 2, 2016.

## Fonte das ilustrações:

<http://www.afrikatech.com/wp-content/uploads/2017/06/digital-tunnel-wallpaper1.jpg>

[https://www.strategyand.pwc.com/media/image/teaser\\_Industry-4-0\\_580x280.jpg](https://www.strategyand.pwc.com/media/image/teaser_Industry-4-0_580x280.jpg)

<http://www.wilkercoستا.net/wp-content/uploads/2014/07/20-melhores-sites-e-artigos-de-marketing-digital.jpg>

<http://info.gigya.com/rs/gigya/images/internet-of-things-650.jpg>

<http://maclellanglobal.com/maclellantechology/wp-content/uploads/site>

## Cooperar é o segredo do sucesso



É incrível e motivante como as novidades que a tecnologia traz às diferentes profissões e carreiras podem mudar quase que repentinamente processos e crenças seculares.

Olhando com uma perspectiva histórica, vemos que a atenção dos profissionais de carreiras de exatas e humanas às novidades tecnológicas praticamente deixou de ser opcional e, longe de ser prosaica, precisará sim ser parte de seu cotidiano, desde o início até o fim de suas atividades laborais.

A já, amplamente tratada na academia e nos negócios, combinação de tecnologia de vanguarda, processos e pessoas é de fato o grande diferencial para a geração de resultados que rompem radicalmente o curso regular de empresas de praticamente todos os setores. Em especial no setor industrial que pode ser amplamente beneficiado por conta da forte vocação de processos que sempre orquestrou seu desenvolvimento ao longo dos tempos.

Em um contexto histórico evolutivo é possível ver como as mudanças se sucederam até onde nos vemos hoje. Nos idos de 1920, o estatístico americano Walter Andrew Shewhart concebeu o C.E.Q. – Controle Estatístico de Qualidade, para avaliar potenciais ações corretivas associadas a processos fabris. Anos mais tarde, esse conceito evoluiria a partir dos trabalhos do também estatístico

William Edwards Deming, que caracterizou a C.E.P. – Controle Estatístico de Processos, que buscava, por meio de gráficos de controle, analisar e estabilizar processos, concentrando-se na redução de sua variabilidade, visando a melhoria e manutenção de níveis ótimos de qualidade de produção. Esse conceito ganhou franca notoriedade na época da 2ª Guerra Mundial, por conta de sua utilização na indústria bélica, em função da necessidade de se produzir grandes quantidades e não existir tempo hábil para inspeção de todas as unidades.

Essa evolução culminou no desenvolvimento da metodologia Seis Sigma ( $6\sigma$ , cunhada na década de 80 pela Motorola e que ganhou forte relevância a partir de grandes líderes empresariais da época, como Larry Bossidy (da Allied Signal, hoje Honeywell) e Jack Welch, da GE. Esse conjunto de práticas buscava minimizar radicalmente a incidência de defeitos, melhorando sistematicamente processos de todas as naturezas.

Com a evolução da tecnologia e o surgimento de mecanismos de automação, um novo horizonte descortinou um universo de possibilidades de redução de custos e aumento da produtividade no setor industrial, tanto em setores de back office, como de front office. Um exemplo disso tem sido a utilização de RPA (*Robotic Process Automation*), ou Automação de Processos utilizando Robôs, que emulam atividades humanas em tarefas repetitivas,

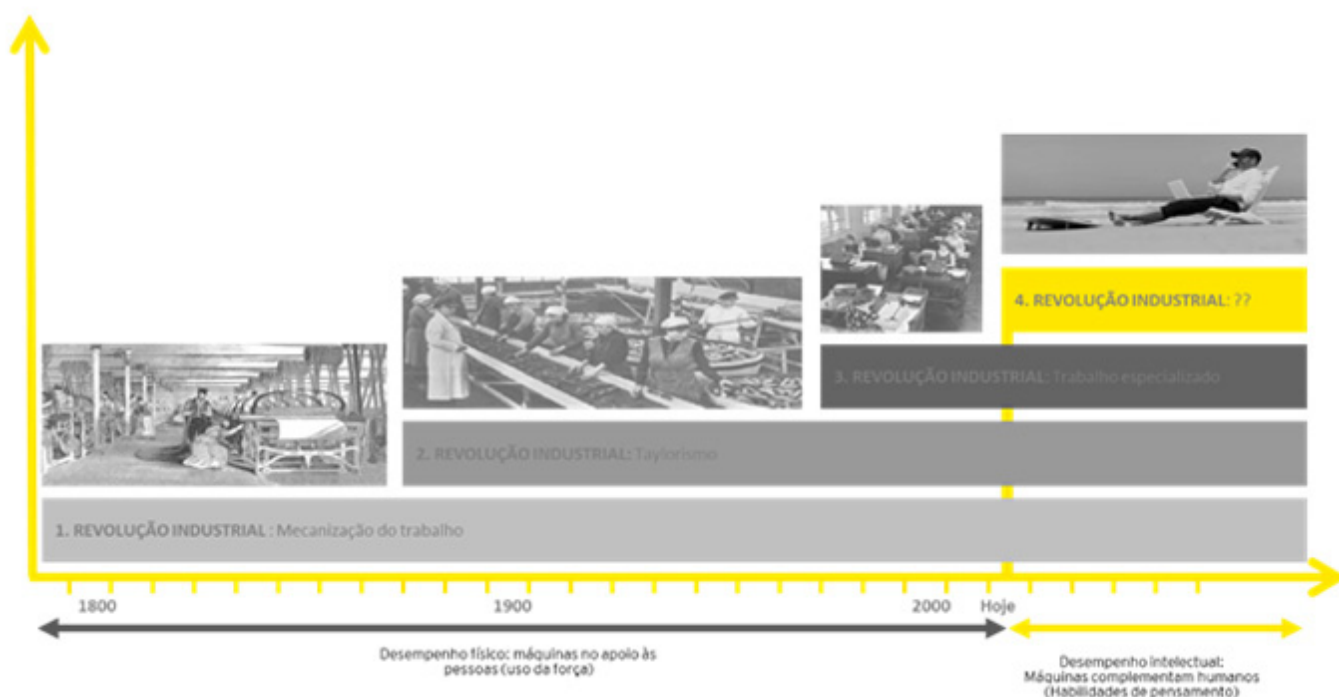
baseadas em regras específicas, de forma a realizar um volume muito maior de trabalho com uma quantidade muito menor de pessoas, elevando produtividade, precisão, com forte redução de retrabalho e de *headcounts* para esse tipo de atividade. Uma forte aplicação tem sido a utilização de mecanismos robóticos para a automatização de processos de pagamento em uma indústria, incluindo a revisão e aprovação de notas e ordens de pagamento. Importante salientar que existem diferentes níveis de automação e essa é a que pode ser chamada de 1ª geração, estritamente ligada à mimetização de regras de ação simples e repetitivas.

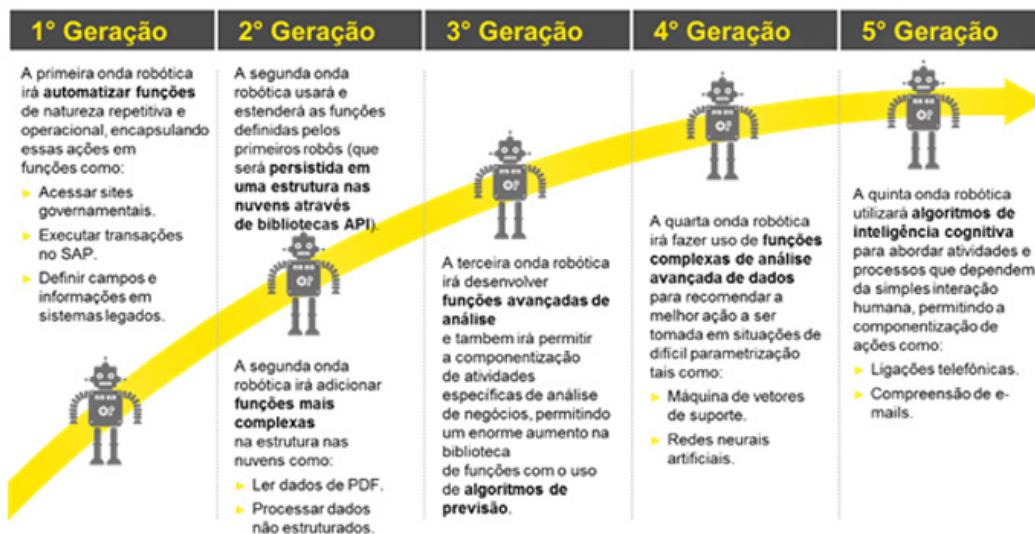
Em decorrência dos avanços da tecnologia e algoritmos de computação cognitiva, fortemente tracionados pela evolução da NLP (*Natural Language Processing*), ou Processamento da Linguagem Natural, surge o que tem se denominado Automação Inteligente, uma segunda onda de aplicações de robotização, agora adicionando complexas capacidades cognitivas a uma máquina ou robô, permitindo que ela não apenas reproduza tarefas, como também aprenda a tomar decisões, como atender um telefone, responder ou escrever um e-mail, tudo isso por meio da emulação da cognição humana, sobretudo para compreensão da linguagem (falada e escrita) e da visão. Dentro do contexto da indústria, é plenamente possível

considerar a utilização de mecanismos de automação inteligente de processos, associados à aplicação de avançados algoritmos de aprendizagem profunda (*Deep Learning*), baseados em reconhecimento de imagens para alavancar o processo de classificação de materiais, de forma a não apenas reduzir o trabalho manual, feito por pessoas, como também agilizar o processo e tornar mais precisas complexas tarefas de classificação, impactando fortemente na eficiência de diferentes processos dentro da indústria.

Complementarmente, boa parte dos setores de atividade, em especial a indústria, tem vivenciado o acúmulo massivo de dados, surgimento e popularização da internet das coisas, forte barateamento das estruturas de processamento de dados, além de um avanço significativo de *Analytics* para detecção de padrões, de tal forma que iniciativas combinando esses elementos passaram a ganhar muita força, ampliando as possibilidades de geração de resultados e melhoria de processos no setor industrial.

Aplicações envolvendo esses componentes (Tecnologia, Automação de Processos, Dados e Algoritmos de Decisão) têm sido cada vez mais vistos na indústria e gerado retornos significativos para as corporações que neles tem investido. Exemplos não faltam: Sistemas de supervisão e aquisição de dados (SCADA), que automatizam o





Fonte: [www.ey.com.br/rpa](http://www.ey.com.br/rpa)

processo de captura e armazenamento de dados de equipamentos (muitas vezes atualizados a cada milissegundo) e que, combinados ao uso de avançadas técnicas estatísticas e de inteligência artificial, permitem prever com bom nível de antecedência e precisão, a ocorrência de falhas nos ativos, minimizando paradas não planejadas, refinando o processo de manutenção e elevando substancialmente a produtividade da operação de uma planta industrial.

A indústria 4.0, ou 4ª Revolução Industrial, agora automatizada, controlada por robôs e suportada por sistemas inteligentes (baseados em mecanismos de inteligência artificial), tende a deixar no passado a fábrica tradicional, assim como suas ruidosas linhas de produção. Nesse novo contexto, com o franco avanço das tecnologias de processamento, assim como a internet das coisas, os processos baseados em sensores podem ser controlados remotamente. Imagine uma indústria de implementos agrícolas que desenvolve equipamentos capazes de capturar amostras do solo, analisar e enviar os dados em tempo real para um servidor central, que, a partir de modernos algoritmos de aprendizado de máquina, não apenas ajudam a minimizar tempo de parada dos equipamentos, como principalmente pode ajudar a definir níveis ótimos de cada mineral, de modo a alavancar a produtividade de diferentes culturas.



Essas e muitas e outras aplicações envolvendo análise avançada de dados e automação de processos não deveria eliminar o trabalho das pessoas na indústria, mas sim estimulá-las a desenvolver outras habilidades menos repetitivas, sobretudo associadas tanto a capacidades de interpretação e tratamento de grandes massas de dados geradas por essas aplicações, como também desenvolvimento e melhoria de estratégias geradas a partir dos insights fornecidos pelas análises.

As mudanças estão acontecendo globalmente e, fazer parte dela sabendo identificar onde atuaremos com esta nova tecnologia é o desafio que todos estamos enfrentando neste momento.

As mudanças no contexto das diferentes profissões vêm para melhorar o status quo quando bem aproveitadas pelos profissionais que as exercem.

Como diria Charles Darwin, a capacidade de o ser humano cooperar em larga escala foi fundamental para o seu sucesso evolutivo. Agora não será diferente, a colaboração entre homens e mulheres também será necessária, só que dessa vez tendo máquinas inteligentes ao seu lado. ●

**Douglas Siqueira é Cientista da Computação, especialista em robótica e Gerente Senior da EY**

Atuou em projetos de Master Data Management auxiliando na definição de procedimentos e soluções técnicas para absorver as necessidades fiscais e de cadastro. Possui 11 anos de experiência nas áreas de Advisory e em projetos na área de qualidade de dados, “Due Diligence”, migração, reconciliação contábil e fiscal, realizados em clientes nacionais e internacionais. Douglas tem conhecimento em ACL Analytics, SQL, Tableau e Spotfire



**Marcelo Fernandes é Estatístico e especialista em métodos quantitativos**

Possui mais de 18 anos de experiência em Analytics. Tem mais de 5 anos de experiência em venda e posicionamento de softwares analíticos com conhecimentos em SAS, SAS Enterprise Guide, SAS Enterprise Miner, SAS Forecast Server, Tableau, R, Statistica, IBM Statistics, IBM Modeler, Statistica, Matlab e R.



**Ricardo Vilanova é Cientista de Computação e Atuário, especialista em analytics e sócio da EY**

Sócio da prática de Advisory Services na EY, com mais de 15 anos de experiência profissional. Data Scientist especializado em modelagem descritiva, preditiva e prescritiva, relacionada a todas as fases de Analytics , cobrindo desde set up de landscapes a métodos quantitativos e de inferência causal, além da aplicação de técnicas de inteligência artificial em grandes variedades de dados.



# Big Data Analytics em Engenharia Química

Gustavo Matheus de Almeida <sup>1</sup>, Song Won Park <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Engenharia Química

<sup>2</sup> Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia Química

## A importância dos dados em processos industriais

Com as tecnologias avançadas de medições e de comunicação, passou-se de uma era com escassez de dados em processos industriais para um ambiente rico em dados. Já é conhecido que deve-se converter dados em informação, informação em conhecimento e conhecimento em processos de decisão inteligente. Tecnicamente, fala-se então em modelos orientados a dados, com o uso de técnicas de estatística multivariada, aprendizado de máquina, mineração de dados e outras áreas. Do ponto de vista de dados, preocupa-se com o seu volume, velocidade ou frequência de renovação, variedade e veracidade, uma vez que se trata de uma quantidade incomum, com frequências de amostragem de até segundos, diferentes fontes e estruturas. O seu processamento deve ainda verificar o armazenamento, a acurácia e a integridade, através de técnicas de pré-processamento como análise de dados faltantes, dados não-usuais, alinhamento de dados não-estruturados, e muitas outras. Assim, tem-se uma ideia intuitiva do que se trata a questão de Big Data Analytics na Engenharia Química.

Nos setores de Óleo & Gás e Petroquímica, a partir de matérias-primas, gases e óleo cru, ocorrem o refino e reações químicas em um sequência de operações. Os produtos de cada etapa são conduzidos para o processamento subsequente por meio de tubulações até o alcance de produtos de valor, como combustíveis e substâncias como propano, benzeno, tolueno, eteno e outras, com o objetivo de geração contínua de mais produtos de valor técnico, social e econômico. A analogia para dados crus de monitoramento de processos industriais não é muito diferente, onde esses dados digitais passam por uma sequência de refino e transformação, e escoam através de dutos de informação. Assim como o conhecimento e a técnica de manuseio de produtos e processamentos teve um aumento drástico de qualidade na nossa indústria tradicional, a qualidade de manuseio de dados e das técnicas de “destilação” e “conversão” destes dados em informação teve um aumento espetacular. Tudo isso trouxe novas infraestruturas, novos negócios, novas políticas e a nova economia dentro da Economia Tradicional, com grandes valores técnicos, social e econômico,

igual à curva de evolução da história da Petroquímica.

Quando o Brasil passou da fase de monitoramento através de instrumentos pneumáticos para modernos sistemas digitais, quem foi coadjuvante da Indústria Química desde 1970 até 2000 viveu vários ciclos de oportunidades. Em 2020, vivem-se agora as novas ondas, seja com nome de IoT (Internet das Coisas), seja com nome de Indústria 4.0, cheio de promessas e oportunidades. As técnicas e as teorias não surgiram abruptamente, e quem vencer os desafios de novos aprendizados sairá do círculo restrito da economia tradicional, sem abandoná-la; para tanto, há a necessidade de estudos e práticas segundo os novos modelos de Engenharia de Processos e de Sistemas em Engenharia Química.

## Pequenas armadilhas, ou “Garbage in, Garbage out”

O entusiasmo pela nova era, rica em dados e informações, pode induzir a acreditar em uma nova época de modelos puramente orientados aos dados, em detrimento dos modelos de conhecimentos orientados ao

processo. Alguns excessos são anunciados, como “deixar os dados falarem por si próprio”, sem as simplificações de modelos matemáticos de processos. Isso é devido ao desconhecimento das dificuldades de limpeza de dados isolados, das técnicas de tratamento de dados faltantes, entre outras. Também o fato dos dados serem correlacionados, por serem respostas do mesmo processo, não é explicado na mesma qualidade da correlação entre dados de estímulo e dados da resposta do processo, nem sobre dados co-integrados e dados com dinâmica inerente do processo.

Quem utiliza uma grande massa de dados sabe que a fase de pré-processamento é árdua, e é onde está a fonte da grande maioria de erros técnicos. Simplesmente eliminar dados como espúrios induz a diferentes conclusões, e seguir cegamente procedimentos técnicos para dados faltantes conduz a superfícies de resposta equivocadas. Há uma variedade de causas para a má qualidade da coleta de dados, desde ruídos não desejados, interrupção por falha de instrumento ou de manuseio humano, distorção e deterioração devido a mudanças sutis de frequência de coleta e amostragens sobrepostas, multicolinearidade, e muitas outras. Falta de conhecimento sobre o processo induz à elaboração equivocada de colunas de dados.

Portanto, o praticante de modelos orientados a dados

necessita, em primeiro lugar, de conhecimento de modelagem fenomenológica do processo, de estudos de estatística bayesiana, de técnicas de detecção de erros em dados primários e seu tratamento, e de técnicas de tratamento destes dados para questões de diagnóstico e prognóstico. Obviamente, ao falar em Big Data em processos de engenharia química, entende-se que o praticante conhece as técnicas que ele deseja utilizar para elaborar modelos orientados aos dados.

Por fim, o mais importante é que se saiba claramente o propósito do modelo projetado. Em resumo: assumindo que o praticante conhece profundamente as teorias de Estatística Bayesiana e de Modelos Fenomenológicos, deve-se atentar aos seguintes itens: qualidade dos dados; conhecimento prático do processo; abordar a modelagem orientada por dados por diferentes técnicas e aprender sequencialmente com os erros; e ter uma estratégia de trabalho.

As pessoas são impacientes quando estão na produção em Indústria Química. Tanto o processo industrial de interesse quanto as pessoas que o conduzem não esperarão um longo tempo sem que o trabalho com os dados mostrem resultados para intervenção. Uma vez que se trata de dados diretos do mundo real, o trabalho com Big Data não tem valor se os prazos dos seus resultados não correspondem às expectativas do seu uso. Portanto,

é necessário definir para que serve o seu modelo orientado aos dados e estabelecer claramente a estratégia de trabalho.

## Pensamento estatístico ao problema de Big Data

Desde a coleta de valores de temperaturas em amostragens desnecessárias de 30 segundos; medições de amperagem de sistemas mecânicos em microssegundos, uma questão de segurança, porém, de qualidade duvidosa para monitoramento de processo químico industrial; planilhas Excel de diferentes fontes; dados de Gerenciamento de Negócios (ERP); até as reclamações de clientes que exigem novos e rigorosos ensaios de qualidade do produto; entre outras situações. Portanto, esse ambiente de dados é muito grande e muito complexo para ser tratado e analisado por técnicas simples de processamento de dados e ferramentas de análise estatística. Portanto, o estudo e a prática de Big Data industrial é um tema de diferentes métodos estatísticos, de aprendizado de máquina ou inteligência artificial, de ciência da computação, de ciência cognitiva e de conhecimento de processos industriais.

Problemas classificados como não-supervisionados, isto é, sem uma variável resposta especificada como de interesse, agrupa observações relacionadas entre si, e geralmente se utiliza de técnicas estatísticas de agrupamentos, redes neurais artificiais e de árvores de decisão. Problemas supervisionados,

ou seja, com variáveis de interesse que são respostas de diversas variáveis explicativas, onde usualmente deseja-se classificação ou predição, utilizam-se de técnicas de redes neurais artificiais, árvores de classificação e de regressão, HMM (Hidden Markov Model), SVM (Support Vector Machine), entre outras. Nesse contexto, todo trabalho ocorre em um sistema de processos interconectados, onde variação existe em todos os processos, e a chave do sucesso é entender e reduzir variação, o que caracteriza o pensamento estatístico, conforme explica Roger Hoerl. Pensamento Estatístico significa entender aleatoriedade, variabilidade e incerteza inerente ao problema; desenvolver claramente as definições do problema com as suas questões de pesquisa científica e entendimento do propósito dos modelos; assegurar mais a qualidade dos dados do que a sua quantidade; entender o contexto do processo que gerou esses dados para sua análise correta; permitir que o domínio do conhecimento do processo conduza a coleta e análise dos dados; e modelar o processo com uma estratégia global e não simplesmente com uma técnica específica.

Explicam-se, a seguir, os tópicos necessários para a prática na área de Big Data industrial, a partir da premissa de que o conhecimento e a prática do processo industrial sejam adquiridos em outros currículos,

tanto quanto as noções iniciais de probabilidade e estatística, programação avançada, tecnologia de manuseio de dados, e a análise visual dos dados.

Nas disciplinas de pós-graduação, “PQ15785 - Análise de Sistemas Químicos em Engenharia Química III” da USP e “EQM861 - Otimização Estocástica e Modelos Probabilísticos em Engenharia Química” da UFMG, são vistas: Introdução ao pré-processamento de dados, seleção de modelos e análise de sensibilidade; Noções de convergência estocástica; Introdução à álgebra multivariável e matrizes; Probabilidade e estatística bayesiana; Análise estatística multivariada; Aprendizagem e generalização por diferentes redes neurais artificiais; Classificação e regressão por support vector machine e métodos de kernels; Modelo oculto de Markov em sistemas estocásticos discretos e contínuos; Otimização estocástica através de modelos de algoritmos genéticos, computação evolucionária e algoritmos sociais colaborativos; e Noções de visual analytics.

### Alguns aspectos de desenvolvimento de ferramentas

Praticantes de Big Data Analytics não devem negar o conhecimento tradicional de estatística, antigamente chamada de frequentista. Por

outro lado, é inegável a extensão de ferramentas de abordagem bayesiana em análise de riscos, redes com kernels, estimativa de confiabilidades, análise de sistemas complexos, monitoramento de processos com modelos de séries temporais, análise de manutenção de sistemas, detecção e diagnóstico de falhas, e demais estruturas estatísticas, para tomada de decisões perante incertezas. Entretanto, a famosa probabilidade a priori é mais fácil de explicar e definir do que de realizar o seu cálculo. Felizmente, aos poucos, as ferramentas computacionais avançam consistentemente para além de simulação de Monte Carlo.

Sobre as vantagens da abordagem bayesiana para ferramentas de teoria de decisão, essa estatística possui a flexibilidade para incorporar, subjetivamente, as possibilidades decorrentes de diversas e diferentes fontes de dados, e manusear melhor a análise de dados isolados e as condições de dados faltantes. Ainda aceita, naturalmente, as noções de aleatoriedade decorrente de fenômenos estocásticos, as falhas em padrões de dados, e o entendimento imperfeito de fenômenos devido à complexidade. Por isso, SVM (Support Vector Machine) e HMM (Hidden Markov Model), que são redes bayesianas, emergem como ferramentas com base teórica consistente e

adequada para Big Data. Uma rede bayesiana é basicamente um grafo com sentido e direção sem ciclo associada a cada nó. As variáveis randômicas são representadas pelos nós, e as suas ligações representam a dependência entre as variáveis. Associa-se uma probabilidade condicional que quantifica a relação probabilística entre o nó fonte e o nó destino. Assim, uma rede bayesiana consiste de duas partes: uma estrutural ou topológica, que descreve a relação qualitativa entre as variáveis, e uma paramétrica, que quantifica a relação entre os nós conectados.

Outro aspecto que não é usualmente abordado em mineração de dados, mas que é importante para o monitoramento de processos industriais, é a questão de séries temporais. Nesse tipo de dados, além dos altos volume e dimensionalidade, e atualização contínua, a sequência da ocorrência dos dados é importante. Portanto, os objetos de pesquisa nesse item ainda contemplam aspectos de redução de dimensionalidade, detecção de similaridade de padrão ao longo da série temporal, e criação de modelos de série temporal. Há um segmento de pesquisa denominado aprendizado de representações, que é um campo dentro de aprendizado de máquina, e trata do aprendizado de representações de dados que tornem mais fácil a extração de informações úteis quando se cria modelos para classificação

e predição. Entre várias características de uma boa representação, uma delas é a coerência temporal e espacial.

### Softwares comerciais para Industrial Big Data Analytics

A maioria dos softwares comerciais não são capazes de processar conjuntos massivos de dados e de diferentes estruturas de bancos de dados. Também não contemplam ainda o pré-processamento de dados e as ferramentas estatísticas descritas aqui. Considera-se que será questão de tempo para que a convergência da experiência integrada de métodos estatísticos avançados, de aprendizado de máquina, de ciência da computação, de ciência cognitiva e de conhecimento de processos, faça oferecimento de softwares mais adequados para Big Data Industrial.

Todos os sistemas digitais de controle de processos oferecem PIMS (Plant Information Management System) e LIMS (Laboratory Information Management System). O uso das facilidades de interfaces oferecidas na área de PHD (Process History Database) é importante para tratamento posterior em Big Data Industrial. Dentre todos esses bons sistemas de PHD, destacamos XHQ da Siemens, PI System da OSIsoft, AspenOne da Aspentech, Operational Insight da Honeywell e Wonderware da Schneider.

Considera-se o XHQ como uma plataforma de inteligência de operação para extrair e agregar dados de diferentes databases, e apresentar as informações a partir de representações gráficas até em tempo real. Portanto, os operadores sempre têm uma visão geral quando precisam e sempre podem acessar informações atualizadas a tempo de agir. Diferentes databases incluem ERP, data warehouses, bancos de dados, documentação, historiadores de processos e dados adquiridos em tempo real.

Com o PI Vision, a principal ferramenta de visualização do PI System, analisam-se dados de várias maneiras, com acesso a partir de qualquer dispositivo e de qualquer lugar. Com seus objetos de exibição auto-configuráveis, o PI Vision torna intuitivo o início imediato de análises de dados, preparando o praticante para decisões baseadas em dados e para novas idéias sobre operações e negócios.

Portanto, XHQ e PI Vision, ainda não são ferramentas de Data Analytics puro, sendo mais voltados à visualização de dados de processos; porém, com grande potencial para integrar todas as ferramentas e oferecer “analytics” com capacidade para tomada de decisões inteligentes, como o PI Asset Analytics, que faz análises mais próximas dos conceitos de Big Data Analytics.

## Big Data Analytics em Engenharia Química

Assim como o conceito de Indústria 4.0, Industrial Big Data Analytics é um campo emergente que transformará modelos de negócios porque aliam-se os dados de processos com os dados da área de segurança, de ERP, de demandas de clientes sobre produtos, de operações periféricas aos da produção contínua, e a muitos outros dados, para tomada de decisões quase em tempo real.

Como exemplo simples, os gráficos de tendências eram utilizados pelos operadores das unidades de modo individual. Com a massa de dados contínuos de composição, vazão, transferência de massa e energia, termodinâmicos, etc, possibilita-se o uso de análise multivariada tal como PCA, PLS, e outras não lineares baseadas em kernels. Instrumentos inteligentes do processo fazem autodiagnóstico

e adquirem grande massa de dados das quais apenas 5-10% são utilizadas intensamente. Sistemas avançados de controle e monitoramento de processos são um ambiente extremamente rico em dados. Todos esses níveis podem fornecer dados para uma camada superior de análise de dados, integrada com informações não estruturadas que anteriormente não estavam disponíveis, geralmente nas áreas de manuseio e entrega de matéria-prima e de envio de produtos finais. Também integram-se a essa camada as áreas de manutenção e de planejamento de operação.

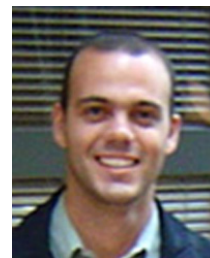
O setor de energia está mais avançado em termos de análise integrada de dados de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica; ainda, a integração de diferentes fontes na rede, como ciclos combinados, co-geração e diferentes fontes renováveis, trouxeram grande impulso, entre outros, a análise

de power grids e smart grids. A indústria farmacêutica é conhecida pela integração de dados de pesquisa e desenvolvimento com dados de melhorias da manufatura, além dos dados de análise do mercado consumidor em todos os aspectos relevantes. A indústria de alimentos trabalha com muitos dados de laboratório para obter melhor formulação dos seus produtos entre centenas de ingredientes possíveis, com avaliação de novas fontes, e na sua própria etapa de testes de qualidade de produtos manufaturados.

Para que todo esse potencial se transforme em resultados de valor, deve-se lembrar dos seus desafios técnicos de desenvolvimento acadêmico, atualmente intenso, que sem aplicação industrial se torna inócua, e que o objetivo final é transformar dados em informações mais adequadas para decisões operacionais e de negócios. ●

## Sobre os autores

**Gustavo Matheus de Almeida** é professor e orientador de pós graduação em Engenharia Química da Escola de Engenharia da UFMG. É coordenador do Grupo de Pesquisa CNPq “Industrial Big Data & Visual Analytics”. É membro do ISI – International Statistical Institute, e ISBIS – The International Society for Business and Industrial Statistics.



**Song Won Park** é professor e orientador de pós-graduação em Engenharia Química da Escola Politécnica da USP. Tem interesse em modelagem, otimização e controle de processos industriais de óleo & gás, mineração e celulose & papel. É membro de IFAC – International Federation of Automatic Control, MCDM – International Society on Multiple Criteria Decision Making, ISI – International Statistical Institute, ISBIS – The International Society for Business and Industrial Statistics, e SIAM – Society for Industrial and Applied Mathematics.



## Leitura recomendada

Sobre a modificação de negócios na Indústria Química:

Budde, F., Frankemölle, H. Value creation: Strategies for the chemical industry. Wiley-VCH. 2nd edition. 2006.

Para o estado da arte em pesquisa de Big Data:

Akoka, J., Comyn-Wattiau, I., Laoufi, N. Research on Big Data – A systematic mapping study. Computer Standards & Interfaces. 54(2), 105-115, 2017.

## Para diversos aspectos aqui abordados:

Bengio, Y., Courville, A., Vincent, P. Representation learning: A review and new perspectives. IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence, 35(8), 1798-1828, 2013.

Borunda, M., Jaramillo, O.A., Reyes, A., Ibarquengoytia, P.H. Bayesian networks in renewable energy systems: A bibliographical survey. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 62(32-45), 2016.

Chiang L., Lu B., Castillo I. Big Data Analytics in Chemical Engineering. Annual Review of Chemical and Biomolecular Engineering, 8, 63-85, 2017. (preview)

De Veaux, R. D., Hand, D. J. How to lie with bad data. Statistical Science. 20(3), 231-238, 2005.

Fu, T.C. A review on time series data mining. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 24(1), 164-181, 2011.

Hoerl, R. W., Snee, R. D., De Veaux, R. D. Applying statistical thinking to 'Big Data' problems. Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics, 6(4), 222-232, 2014.

Park, S.W., Almeida, G.M. Utilization of process historical data in recovery boilers. In: Vakkilainen, E., Lampinen, P., Nieminen, M. (eds.), Continuous development of recovery boiler technology. Chapter 6, 77-92, 2014.

Roy, A., Srivastava, P., Sinha, S. Risk and reliability assessment in chemical process industries using Bayesian methods. Reviews in Chemical

Engineering, 30(5), 479-499, 2014.

Stanovov, V., Brestler, C., Kolehmainen, M., Semenkina, O. Why don't you use Evolutionary Algorithms in Big Data?, In: V International Workshop on Mathematical Models and their Applications, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, IOP Publishing, 173, 1-9, 2017.

The Economist. Data is giving rise to a new economy. Briefings, May 6th, 2017. <http://www.economist.com/news/briefing/21721634-how-it-shaping-up-data-giving-rise-new-economy>.

Xu, S., Lu, B., Baldea, M., Edgar, T. F., Wojsznis, W., Blevins, T., Nixon, M. Data cleaning in the process industries. Reviews in Chemical Engineering, 31(5), 453-490, 2015.

QUANDO VOCÊ AMPLIA

A SUA VISÃO,

O MERCADO SE EXPANDE

PARA VOCÊ.

ENGENHARIA DE PROCESSOS  
COM ÊNFASE EM  
PROJETOS INDUSTRIAIS

PÓS-GRADUAÇÃO  
MAUÁ

MBA  
MESTRADO

ESPECIALIZAÇÃO  
APERFEIÇOAMENTO

clmg-cauztan

### / PÚBLICO-ALVO :

Profissionais graduados, interessados em obter uma Pós-Graduação em Engenharia de Processos, *lato sensu*, para atuarem no segmento de projetos em indústrias de processos.

### / DIFERENCIAIS :

- Curso com estrutura enxuta, objetiva e totalmente aplicada à prática de condução de projetos.
- O programa do curso é constituído de disciplinas baseadas em estudos e atividades que privilegiam a vivência dos conceitos apresentados.

**/ CAMPUS DE SÃO CAETANO DO SUL**

MENTES **INOVADORAS**  
SE **ENCONTRAM** AQUI.



Inscrições abertas: [maua.br/posgraduacao](http://maua.br/posgraduacao)

# Programa de computador com aplicabilidade em microdestilarias de etanol à base de cana-de-açúcar

**Integrar conhecimentos de engenharia química, habilidades computacionais e empreendedorismo abre oportunidades na era digital.**

**F**lávio Mayer (professor do Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal de Santa Maria e conselheiro suplente da Câmara Especializada de Engenharia Química do CREA-RS) e Alan Kullmann (estudante de engenharia química na mesma instituição) são exemplos disto: professor e aluno desenvolveram um aplicativo para microdestilarias de etanol à base de cana-de-açúcar. O objetivo, segundo os autores é o de “fornecer ao produtor rural proprietário de uma microdestilaria ou que queira ter uma, um modo simples e rápido de planejar a quantidade de matéria-prima que deve ser inserida no processo, para produzir uma determinada quantidade desejada de etanol, ou vice-versa”.

O usuário deve fornecer informações referentes às frações mássicas de açúcares e de bagaço contidos na cana, que podem mudar dependendo das condições de cultivo, do clima e do solo. O usuário deve ainda inserir valores (estimados ou medidos) de eficiência da moenda de extração de caldo,

da fermentação e do destilador, além da quantidade de cana-de-açúcar que será processada. Com estas informações, obtêm-se as respostas referentes ao balanço material e ao balanço energético. Pelo balanço material, o usuário receberá a informação de quanto será produzido, diariamente, de etanol, bagaço e vinhoto. Pelo balanço de energia, é calculado o quanto de lenha e de eletricidade o produtor irá gastar para processar a quantidade desejada de bioetanol.

Além dos balanços materiais e de energia, o programa ainda oferece o balanço econômico, que é uma estimativa de qual será o valor referente aos custos de produção envolvidos. Fornecendo o preço da tonelada da matéria-prima, o valor do metro cúbico de lenha e do kWh de eletricidade, o usuário obtém o valor que irá gastar em matéria-prima, lenha e eletricidade, em função das quantidades produzidas, já vinculadas aos balanços material e de energia.



O programa, de uso simples e sem fins comerciais, se chama etanolca e foi desenvolvido em Visual Basic usando modelagem orientado a objetos. Pode ser acessado de forma gratuita pelo site <[www.ufsm.br/cenergia](http://www.ufsm.br/cenergia)>. A distribuição e modificação do produto também são livres, desde que comunicados e referenciados aos autores, favorecendo ainda um ambiente de inovação aberto.

Flávio e Alan destacam os aprimoramentos que pretendem fazer no aplicativo: “Futuramente, pretende-se acrescentar um menu que forneça ao usuário a opção de escolher entre diferentes matérias-primas, por exemplo cana-de-açúcar, milho e beterraba, aumentando assim o leque de possibilidades do usuário.” ●

## A obsolescência

**A** inovação nas metodologias educacionais é um assunto polêmico nos dias atuais. Tornou-se clichê nas discussões pedagógicas a denominada “síndrome dos três séculos” na educação. Basicamente, refere-se à situação de ainda usarmos uma sala de aula moldada nos idos do século 19, dirigida por professores do século 20, para educar alunos do século 21, ou seja: uma defasagem de nada menos do que 300 anos entre o meio, o emissor, e receptor da informação educacional. Repare a figura. Vê-se um professor (1) com seu livro texto (2), disposto de frente para seus alunos, alguns destes bem atentos, outros conversando entre si (3), e uns poucos tirando um cochilo (4). Nada destoante do que observamos no cotidiano de uma sala-de-aula, porém o estarrecedor é o fato de que esta ilustração de autoria de Laurentius de Voltolina mostra uma aula na universidade de Bolonha, ocorrida no século 14! Ou seja, a propalada “síndrome educacional” compreende, na realidade, muito mais do que apenas três séculos... Pasmem!

Estamos diante de uma anomalia real, mas nem tudo está perdido. Se você é professor, não precisará jogar fora seus anos de prática acadêmica para ingressar no “mundo educacional digitalizado do século 21”. Por outro lado, o aluno, não terá



que reinventar seus métodos de estudo para conseguir êxito no seu curso. Na verdade, acredito que toda a sanha decorrente da suposta necessidade de uma reformulação radical no modo como transmitimos conhecimentos técnicos aos nossos alunos é superestimada, e mesmo exagerada. Todavia, não se engane, uma modernização de métodos e ferramentas é sim imperativa! Sob a pena de perdermos a tênue sintonia fina que conecta professor e aluno numa interação de aprendizagem – um desejando ensinar, outro talvez não tão sedento por aprender – em razão da absoluta desmotivação deste último.

### Metodologias ativas

Atualmente, os professores

se encontram soterrados em uma verdadeira avalanche de termos, tais como aprendizagem ativa, sala-de-aula invertida, avaliação formativa/somativa, hard/soft-skills, cursos massivos (Moocs), aprendizagem baseada em problemas, aprendizagem baseada em projetos (PBL), etc., etc., etc. Não se apavore, pode não parecer, mas existe uma ordem nesse caos, podemos estender uma linha conectando diversos destes conceitos, e estabelecendo um procedimento de modernização da nossa pedagogia no dia-a-dia de sala-de-aula.

Os novos métodos de ensino têm o principal propósito de aprimorar a qualidade da formação profissional e envolver os alunos neste processo,

tornando-os corresponsáveis e participantes ativos. Isso tudo levando em consideração o atual cenário tecnológico - forjado sobre a Internet e as multimídias digitais - e aplicando ferramentas que sequer existiam há poucos anos. Muitas destas ferramentas não foram desenvolvidas objetivando a educação em si, mas professores pioneiros acabaram por inventar novos usos por iniciativa própria, ainda que na ausência de qualquer moto institucional para tal.

Mas, por que o professor deve se incomodar e perder seu tempo com este assunto? Para que modificar metodologias de ensino testadas e atestadas por séculos de tradição acadêmica, se os professores são os mesmos e os alunos continuam sendo os mesmos, no que respeita aos seus processos cognitivos de ensino-aprendizagem? Há duas razões. A primeira delas é que descobertas recentes da neurociência indicam que a sala-de-aula clássica não proporciona uma aprendizagem tão eficiente como acreditávamos (se é que acreditávamos...). A segunda razão é que, embora emissor e receptor sejam os mesmos, hoje temos muito mais interferência nessa comunicação, introduzida pela inundação de informação digitalizada via Internet, onipresente através de dispositivos móveis como celulares e tablets. É neste cenário que novas metodologias de ensino podem converter as tecnologias da informação de inimigo em aliado.

Vamos esclarecer de logo uma

confusão frequente: metodologias inovadoras de ensino podem ser confundidas com o paradigma do “construtivismo”. Não há equívoco maior. Não podemos ignorar o conhecimento acumulado. Sir Isaac Newton foi absolutamente assertivo neste aspecto: nos elevamos sobre os ombros de Gigantes! Como simples exemplo, se formos “aguardar” um jovem aluno do ensino médio percorrer por conta própria os mesmos raciocínios lógicos de Arquimedes ao desvendar o cálculo do número PI, quem sabe, antes de se formar na universidade, ele descobrirá por conta própria como calcular a área delimitada por uma circunferência. Nitidamente, pelo menos no campo das ciências naturais e das engenharias, a abordagem “tradicional”, com programação de conteúdo, prazos, metas e avaliação é a mais realista. Portanto, as metodologias ativas sugeridas aqui compreendem a utilização de métodos inovativos de ensino dentro do escopo do paradigma conhecido como “tradicional”.

### Confronto de competências

As metodologias ativas de ensino tendem a deslocar o vetor de aprendizagem das hard-skills (competências técnicas ou individuais) para as soft-skills (competências colaborativas ou interpessoais). Existe uma

dicotomia aparentemente paradoxal entre estes grupos de habilidades, porém elas são complementares, e estão intimamente ligadas à motivação dos alunos pelo aperfeiçoamento do seu aprendizado.

A prática pedagógica revela que as hard-skills são difíceis de serem transmitidas, sendo a principal causa de desmotivação e frustração dos alunos. Por outro lado, as soft-skills são interessantes, motivadoras, instigantes, e certamente mais palatáveis de serem desenvolvidas. Afinal, quem não gosta de interagir em um grupo de colegas, fazer uma postagem no Facebook ou no Instagram? Esse é o mundo dos nossos alunos atualmente. São natos nessa realidade.

A tecnologia de informação aplicada ao ensino não será capaz de nos libertar das dificuldades encontradas no ensino das hard-skills, porém podem facilitar significativamente esta tarefa. As soft-skills compreendem habilidades que, em princípio, todas as pessoas devem ter ao desempenhar alguma atividade profissional. Não diferenciam a profissão em si, mas são desejáveis no desempenho desta, pois facilitam as relações interpessoais.

Esta questão inspira cuidado, pois um efeito colateral da adoção das novas metodologias é a

*Parece claro que não podemos abandonar as hard-skills, afinal são elas que tornam o profissional de engenharia química, ou de engenharia civil, ou de medicina, o que eles são: especialistas na sua área.*

substituição de tempo dedicado à reflexão individual por momentos de comunicação interpessoal. Consequentemente, o uso inapropriado das metodologias ativas pode ser mais maléfico do que benéfico, se desmedido. O professor empolgado pode utilizar parte significativa do tempo de sala de aula na realização de atividades colaborativas, em detrimento da cobertura do conteúdo programático da disciplina, com o aprofundamento devido. O grande desafio é ensinar as hard-skills desenvolvendo, ao mesmo tempo, as soft-skills. A tentadora armadilha em que o professor pode incorrer é concentrar-se demasiadamente no ensino das soft-skills, esquecendo-se de transmitir os conhecimentos técnicos correspondentes às hard-skills.

## Ferramentas

### ● Curadoria de conteúdo

Assim como os professores, os alunos também sofrem o mal do afogamento informacional. A quantidade de informação disponível na ponta dos dedos é tamanha que os desnorreia. Selecione vídeos do YouTube, do Vimeo, artigos da Wikipédia (certificando-se de que o conteúdo está correto), portais de fabricantes de equipamentos,

postagens de blogs, etc.

### ● Vídeos

Utilize vídeos em abundância! Caso não tenha tempo para preparar seus próprios vídeos, ou o conhecimento em software de vídeo-edição, recorra aos milhares de vídeos disponíveis gratuitamente online. Para evitar problemas de copyright, pode-se lançar mão de sites de edição online, tais como edpuzzle.com, VideoANT (ant.umn.edu) e Vizia (vizia.co), os quais possibilitam recortar especificamente o trecho do vídeo que se deseja utilizar na aula, criando um link personalizado. Além disso, é possível adicionar uma narração própria ou mesmo uma lista de perguntas do tipo quiz, em diversos pontos do vídeo. Com o moocnote.com, você pode engajar os alunos em discussões baseadas nos vídeos que você sugeriu, e também aplicar avaliações online sobre o tópico abordado. Estas ferramentas são compatíveis com diversas fontes de conteúdo online, a exemplo do YouTube, Vimeo, e outros.

### ● Sala de aula invertida

Consiste na metodologia mais representativa desta onda de modernização do ensino, baseada no uso massivo da tecnologia da informação. Substitui parcial ou totalmente a aula expositiva convencional

por atividades que produzam resultados advindos da aplicação do conteúdo a ser aprendido. O aluno acessa previamente o conteúdo fora de sala-de-aula, através de sites, blogs, vídeos ou podcasts indicados pelo professor. Nesta etapa, a curadoria de conteúdo assume grande importância. O professor pode fazer um apanhado geral do assunto logo antes da realização da atividade em sala. Uma dificuldade inerente é assegurar a uniformidade da preparação prévia entre os alunos, visto que sempre haverá aqueles que não visitaram o material indicado pelo professor. A pré-leitura de 10 a 20 folhas em um livro texto de referência pode ser associada ao material online a fim de aprofundar o conteúdo a ser trabalhado na aula.

### ● Mapas mentais

São diagramas de conexão, capazes de representar o processamento não-linear do pensamento na produção de ideias. Possibilitam a reformulação de conceitos interconexos através do posicionamento dos elementos gráficos. Existem diversas ferramentas online, offline, pagas e gratuitas. Podem ser utilizados na introdução de um tópico novo, na realização de uma discussão ou mesmo brainstorm. Para uso offline, o Docear (www.docear.com) é uma excelente opção gratuita, inclusive pelas suas funções de anotação de pdf's e de referências bibliográficas. Dentre as diversas opções

*Seja o filtro! O professor, com experiência e vivência, tem maior capacidade de selecionar os conteúdos úteis e confiáveis, disponíveis nas diversas fontes online.*

online, um app bem intuitivo é o WiseMapping (www.wisemapping.com).

### ● **Aprendizagem baseada em projetos**

É a velha conhecida prática da “mão-na-massa”. Propicie aos alunos realizar alguma aplicação concreta, demonstrar um fenômeno experimentalmente, projetar e construir um protótipo de um equipamento, etc. Os projetos podem ser vinculados a alguma necessidade da Universidade ou da comunidade no entorno, atribuindo assim maior motivação para a sua realização.

### **Avaliação**

A avaliação eficaz do conteúdo apreendido parece ser o aspecto mais discutível das metodologias ativas de ensino. Como metodologias ativas possuem um viés mais colaborativo do que individual, a aferição do nível de aprendizado de cada aluno sobre um tópico específico do conteúdo programático torna-se um desafio. Esta é a questão a ser respondida.

Podemos considerar dois tipos principais de avaliação: somativa e formativa. A primeira corresponde ao método tradicional, tendo a finalidade de medir a habilidade do aluno em demonstrar competências técnicas específicas da sua

Como avaliar individualmente projetos realizados em grupo?

área de estudo, necessárias para avançar de nível. É frequentemente implementada através de testes ou provas; embora estes instrumentos possam ser usados também com finalidade formativa. A grande maioria dos professores de engenharia utiliza apenas a avaliação somativa.

Por outro lado, a avaliação formativa é contínua, podendo ser aplicada ao final de cada atividade em grupo, por exemplo. Assim, o professor poderá efetuar adaptações na sua metodologia, de modo a

**PÓS**  
GRADUAÇÃO **FEI**

Mais informações:

[www.fei.edu.br/pos](http://www.fei.edu.br/pos)

Campus São Bernardo do Campo: (11) 4353-2909

Campus São Paulo: (11) 3274-5200

# MESTRADO EM ENGENHARIA QUÍMICA

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO

Engenharia Química

LINHAS DE PESQUISA

- Processos Químicos e Biotecnológicos
- Petróleo, Gás e Biocombustíveis



perseguir maior eficácia na aprendizagem dos alunos. As avaliações formativas tendem a ser pulverizadas ao longo do curso ou disciplina, de modo que acarretam em um esforço significativo de correção por parte do professor. Para amenizar esta dificuldade, existem ferramentas online tais como classflow.com, goformative.com e nearpod.com.

### Ative-se com 5 regras simples

Seja persistente, mas, também, paciente! Não tente mudar a sua metodologia radicalmente da noite para o dia, pois este pode ser o caminho certo

*...alunos mais motivados, aprendendo mais e por mais tempo, sem prejuízo do conteúdo programático do curso.*

para frustração, seguida de desistência. Você pode efetuar adaptações incrementais de algumas aulas, a cada semestre, fazendo por exemplo a inversão de sala de aula, a adoção paulatina de vídeos, tudo subsidiado pela curadoria do conteúdo a ser transmitido aos alunos. Quando se der conta,

terá um semestre inteiro de curso adaptado às novas metodologias ativas, com alunos mais motivados, aprendendo mais e por mais tempo, sem prejuízo do conteúdo programático do curso. Com estas regras simples, será possível efetuar uma inserção gradual de metodologias ativas nas suas disciplinas:

1. Antes de apresentar o conteúdo, forneça claramente significado e importância do assunto a ser aprendido. Utilize fotos e vídeos de equipamentos de processo reais. Mostre problemas ocorridos em plantas industriais.
2. Sempre que possível, utilize uma aprendizagem ativa do tipo mão-na-massa. Recorra ao PBL, quando aplicável.
3. Procure variar as técnicas instrucionais e de avaliação ao longo do curso.
4. Exagere na exposição de exemplos práticos e histórias reais, envolvendo o conteúdo a ser aprendido. Utilize estudos de caso.
5. Faça questionamentos do tipo “e se?” a partir dos exemplos práticos fornecidos, criando comparativos e analogias, que induzam reflexões e raciocínios mais complexos e aprofundados. ●



PROF. DR. SAMUEL JORGE MARQUES CARTAXO

Presidente do XVII Encontro Brasileiro sobre o Ensino de Engenharia Química (ENBEQ 2016)  
Graduado em Engenharia Química e doutor em Engenharia Química pela Unicamp.  
Professor do quadro permanente da Universidade Federal do Ceará (UFC).  
Tutor do grupo do Programa de Educação Tutorial (PET) do curso de Engenharia Química da UFC.  
Possui experiência na área de Engenharia Química, com ênfase em modelagem, simulação computacional e processos de transferência de calor.

# Visual Analytics – Buscando o Desconhecido

Gustavo Matheus de Almeida <sup>1</sup>, Song Won Park <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Engenharia Química

<sup>2</sup> Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia Química

## Visualização de dados e Big data

Transformar dados em informação relevante para tomadas de decisão mais racionais sempre foi uma tarefa árdua. O objetivo atual é exatamente o mesmo; porém, agora, a partir de volumosas massas de dados, ou big data. Atualmente, qualquer atividade de negócio ou industrial, e qualquer atividade pública ou até privada, gera uma quantidade imensa de dados. Esse cenário de um mundo rico em dados também é a realidade das indústrias químicas.

Existem muitas soluções matemáticas e algoritmos para analisar grandes conjuntos de dados, mas o que fazer se não se sabe o que se espera encontrar? *Visual Analytics* permite a descoberta de novas percepções, até então desconhecidas, como novas relações, padrões, tendências e anomalias, em conjuntos de dados grandes e complexos. A visualização é relevante em qualquer fase de uma análise de dados: inicial, intermediária ou final, com os objetivos de exploração, explanação, confirmação ou comunicação. Devido a sua superposição com as áreas de Visualização de Informação e Visualização Científica, o melhor modo de

diferenciar a Analítica Visual é concebê-la como uma integração interativa entre representações visuais e métodos analíticos computacionais. A esse processo de extração de informação por meio de representações visuais, denomina-se *Visual Analytics*. Em 2005, mais do que uma simples visualização, essa área foi definida como “ciência” de raciocínio analítico facilitado por interfaces visuais iterativas. Hoje, de modo mais concreto, diz-se que é um campo que combina interativamente a força da visualização gráfica com o poder do raciocínio analítico, aliado a técnicas automatizadas de análise, para um entendimento efetivo de conjuntos de dados grandes e complexos e tomadas de decisão mais racionais.

Um sistema de *Visual Analytics* requer uma infraestrutura de gerenciamento de dados, de softwares de visualização de dados e de técnicas de análise de dados. Estas camadas dependem umas das outras para serem efetivas, e cada uma delas possui requisitos específicos de hardware e software. Muitas vezes, os sistemas estão profundamente integrados com os requisitos de Big Data Analytics.

*Visual Analytics* é uma ciência multidisciplinar, cujo desenvolvimento é a combinação

de avanços nas áreas de ciências cognitivas, projeto gráfico, computação, e outras. Com as primeiras, compreendeu-se melhor o processo de codificação, ou representação da informação via características gráficas, e decodificação, ou contextualização e interpretação da informação visual pelo ser humano; e com a última, aperfeiçoou-se a interação entre o computador e o ser humano.

## Jornada desde o manuseio de dados à sua exploração e descoberta do desconhecido

O objetivo de *Visual Analytics*, enquanto metodologia, é criar ferramentas e técnicas que possibilitem: sintetizar a informação e derivar insights a partir de dados massivos, dinâmicos, ambíguos e, frequentemente, conflitantes; detectar o esperado e descobrir o inesperado; fornecer avaliações oportunas, defensáveis e compreensíveis; e comunicar, de modo eficaz, a avaliação para a tomada de ação.

Conforme a Figura 1, *Visual Analytics* é uma abordagem integral para a tomada de decisão, combinando a visualização, a análise de dados e o fator humano. Após a etapa inicial de pré-processamento dos dados, como por exemplo,

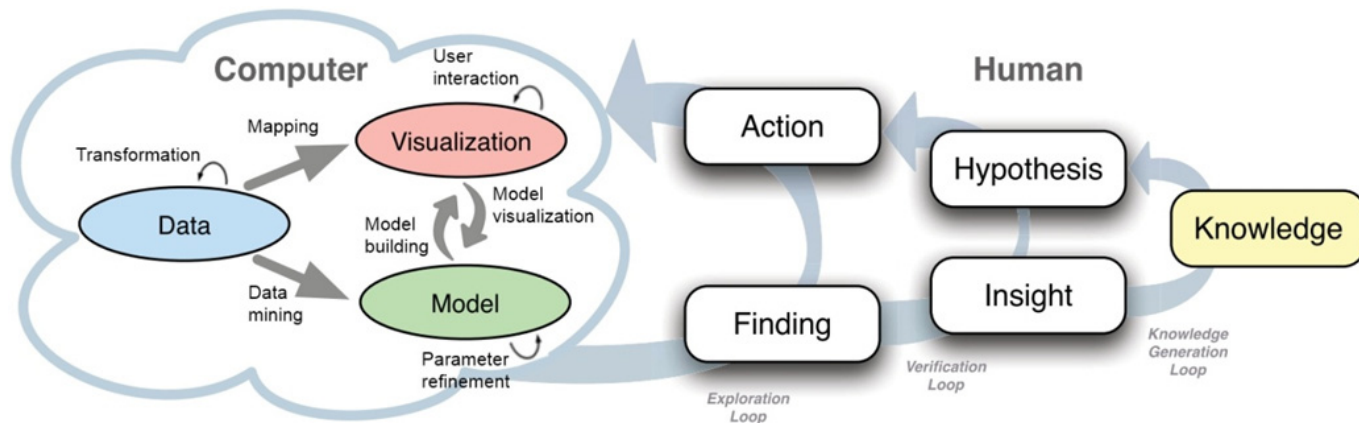


Figura 1: Modelo de geração de conhecimento por visual analytics (Sacha et al., 2014; Thomas e Cook, 2005).

transformação, normalização e limpeza de dados, integração de fontes de dados, e discretização de variáveis, ou gera-se um modelo por mineração de dados ou visualiza-se o conjunto de dados através de representações visuais, dado o objetivo de regressão, classificação ou agrupamento. No caso do modelo, o potencial de avaliação dos resultados obtidos e de refinamento de seus parâmetros é ampliado com o uso de técnicas de visualização. No caso da visualização, o uso de diferentes representações e recursos gráficos (zoom, rotação e outros) é um guia para a geração de modelos. A alternância entre ações de visualização e de modelagem

é uma forte característica do processo de *visual analytics*, cujo efeito são decisões mais seguras.

A partir de uma descoberta interessante, disparam-se ações de modificações na visualização e/ou na modelagem, com o objetivo de refinamento (circuito da exploração de dados). No caso de uma interpretação promissora junto ao contexto do problema, descobertas transformam-se em insights. Esse é o ponto de partida para a formulação de hipóteses, cuja investigação requer novas ações de visualização e/ou modelagem (circuito de verificação). A geração de conhecimento ocorre com a confirmação de insights (circuito de geração de conhecimento).

Na prática, pode-se empregar *visual analytics* em qualquer fase de uma análise de dados, com ou sem a geração de modelos. A Figura 2 ilustra o conjunto de disciplinas para o processo de geração de conhecimento por *visual analytics*, agrupadas em trabalho computacional e trabalho humano.

### Breve descrição sobre visualização de dados e a Análise visual

*Visual Analytics* é um campo maior do que Visualização de Informação (e de dados) e Visualização Científica. Enquanto sistema, *visual analytics* envolve ações de tratamentos de dados, mapeamentos visuais e de gerações de modelos seguidas de visualizações dos resultados, a partir de ciclos de descobertas, insights e de conhecimento, em conjunto com a cognição e percepção humanas. Note-se que um simples gráfico de dispersão tem embutido em si modelos pressupostos em Estatística. Em resumo, trata-se da descoberta (e não apenas visualização) do conhecimento,

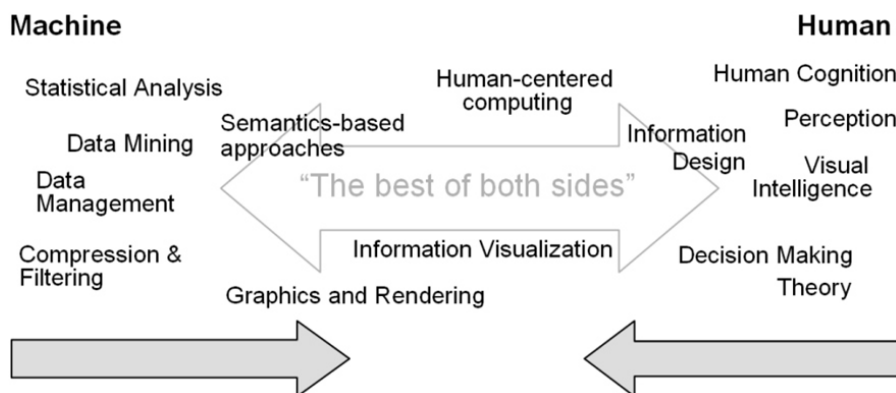


Figura 2: Visual Analytics: Integração entre disciplinas científicas com melhor divisão de trabalho entre o lado humano e o lado máquina (Keim et al., 2008).

com o auxílio de técnicas de visualização de dados. Enquanto produto, *visual analytics* é orientado às características dos dados, aos objetivos ou metas, ao domínio de conhecimento e às preferências do usuário.

Os usuários familiarizados com dados massivos em Engenharia Química; porém, não com Big Data Analytics, possuem domínio do seu conhecimento e tendem a usar *Visual Analytics* como ferramenta de Visualização Científica. Portanto, ilustram-se os conceitos de apresentação gráfica aproveitando-se dessa familiaridade. Considerado primeiro relato de visualização de dados da história contemporânea, o mapa de John Snow (Figura 3), de 1844, mapeou as moradias das

vítimas e observou que o surto de cólera atingiu pessoas com residências abastecidas pela mesma rede de água (círculo vermelho). Com a interrupção do abastecimento de água nesse ponto, em poucos dias, eliminou-se a epidemia que assolava Londres.

Apresenta-se, de modo resumido, a evolução histórica e o potencial de visualização de dados. Têm-se, inicialmente, os gráficos estatísticos univariados, como o gráfico temporal e o histogramas (Figura 4 (a,b)); além de outros, como box-



Figura 3: Primeira visualização de dados da era contemporânea, com a descoberta de um surto de cólera (Tufte, 2001).

plots e gráficos em setores e de barras. Mesmo simples, a sua interação com raciocínio analítico dará sentido aos dados. Exemplos clássicos de representações conjuntas de duas e três variáveis são os gráficos de dispersão 2D (Figura 4 (c)) e 3D, respectivamente.

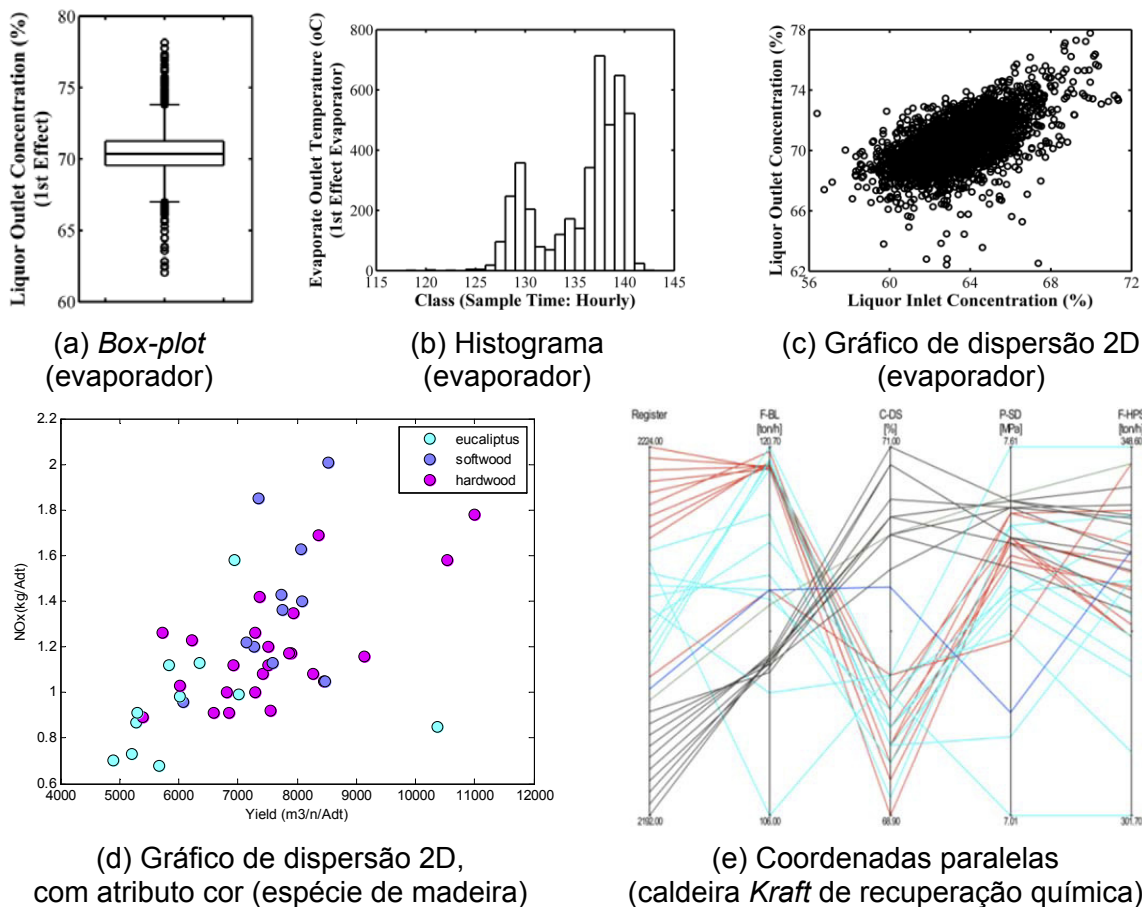
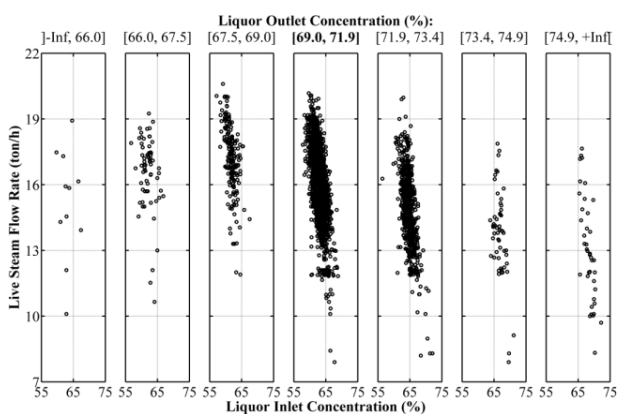


Figura 4: Técnicas de visualização de dados: (a,b) Univariadas, (c) bi- e tri-variadas (Almeida e Park, 2016), e (d,e) multivariadas (Luostarinen et al., 2017; Almeida et al., 2012, respectivamente)

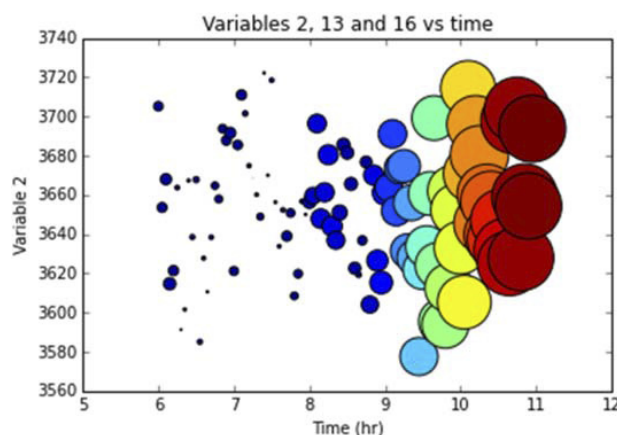
Com a interação entre um número significativo de variáveis, a visualização simultânea em um gráfico único é benéfica. A primeira solução se deu com o uso de atributos como cor, forma e tamanho (Figura 4(d)), cada um associado a uma nova dimensão. Com um potencial significativamente maior, tem-se o gráfico de coordenadas paralelas (Figura 4(e)), usual em softwares de visualização de dados.

Apresentam-se, a seguir, outros gráficos e representações visuais. A segmentação de um conjunto de dados é geralmente reveladora. Um exemplo de gráfico condicional (Figura 5(a)), onde a relação X-Y é condicionada a outras variáveis. Uma vez que cada subgráfico é relativo a uma faixa do domínio da variável condicional, com ou sem sobreposição, observa-se mais facilmente

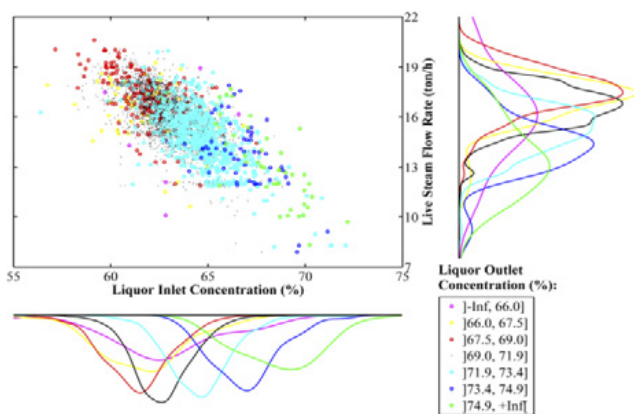
alterações nessa relação. Outra representação é o gráfico de bolhas (Figura 5(b)); nesse caso, com a representação de três variáveis: pressão-separador de produto (variável 13; associada ao tamanho da bolha), pressão-coluna stripper (variável 16; cor da bolha), concentração do componente B (variável 2; eixo Y), em função do tempo (t; eixo X). Com o objetivo de diagnóstico, visualizam-se de imediato, após t = 8 horas, o aumento de ambas as pressões, com a manutenção da concentração. A combinação de técnicas é um recurso importante para a criação de novos meios de visualização de dados com o foco em *visual analytics*. Pela Figura 5(c), a combinação entre gráfico de dispersão, o atributo cor (associado à variável condicional) e kernel density plots é útil para a visualização



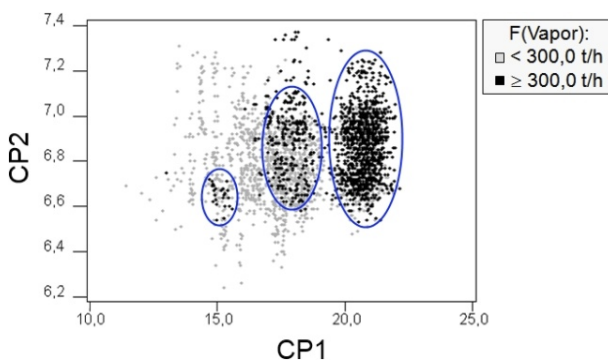
(a) Sistema *Kraft* de evaporação múltiplo efeito



(b) *Benchmark Tennessee*

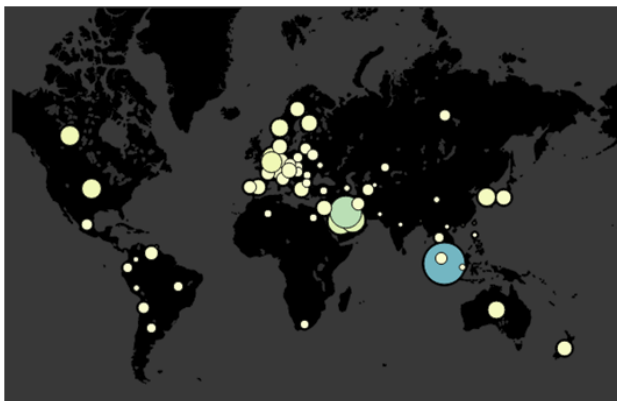


(c) Sistema *Kraft* de evaporação múltiplo efeito

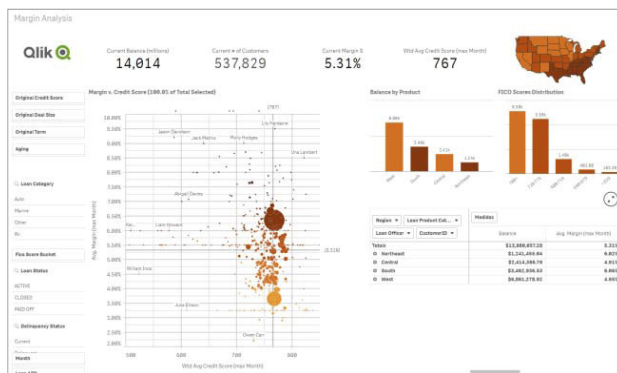


(d) Caldeira *Kraft* de recuperação química

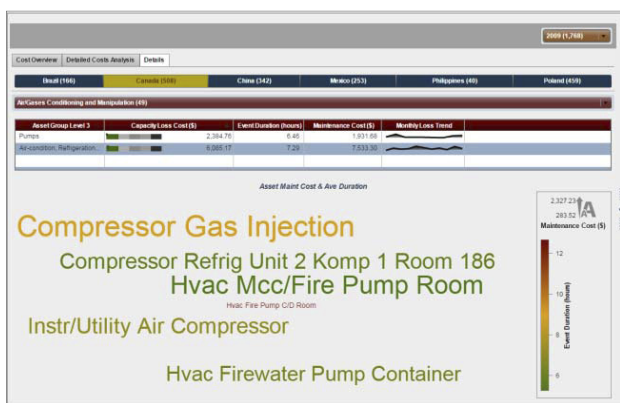
Figura 5: (a) Gráfico condicional (dada a concentração de licor *Kraft* de saída) (Almeida e Park, 2016), (b) gráfico de bolhas (com 3 variáveis em função do tempo) (Campos et al., 2016), (c) combinação entre gráfico de dispersão 2D, atributo cor (associada a concentração final do licor *Kraft*) e kernel density plots (Almeida e Park, 2016), e (d) técnica brushing, dado duas componentes principais (Material próprio).



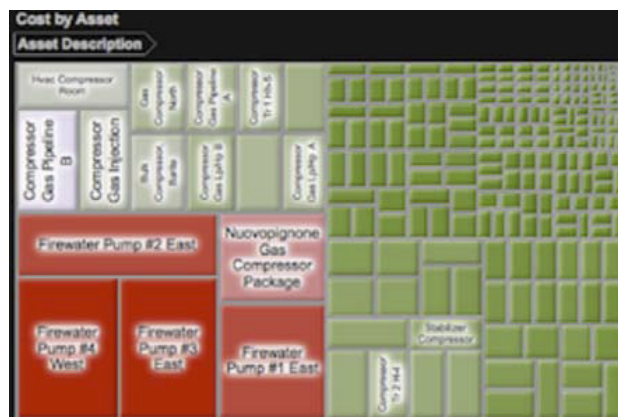
(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 6: (a) Gráfico de bolhas (Tableau software, 2017), (b) técnica brushing (QLIK sense desktop, 2017), (c) visual text analytics, e (d) treemap (SAS Visual Analytics, 2017).

1 (a) <http://www.tableau.com/solutions/gallery/worldwide-oil-usage/>

(b) <http://www.qlik.com/us/solutions/industries/financial-services/>

(c) [http://www.sas.com/en\\_us/software/visual-analytics/demo/asset-reliability-integrity.html](http://www.sas.com/en_us/software/visual-analytics/demo/asset-reliability-integrity.html)

(d) Schultz, B. Into the Deep(water) with data visualization, 02/10/2013, Disponível em <https://www.allanalytics.com/>.

segmentada das distribuições das variáveis X e Y. O principal recurso de conexão entre gráficos é aquele denominado brushing. Com a seleção de um conjunto de pontos em um gráfico, tem-se, de modo automático, a seleção dos pontos correspondentes em outros gráficos. Na Figura 5(d), o gráfico entre as duas primeiras componentes de uma análise de componentes principais é o resultado da seleção, a partir de um gráfico temporal (não mostrado), da faixa de vazão de vapor acima de 300 t/h. Observa-se desde uma operação usual (à direita) até uma operação não-usual (à esquerda; elipse azul menor), o que constitui-se em uma descoberta (ponto de partida) para novas investigações e formulações de hipóteses, conforme o processo analítico do modelo de geração de conhecimento por *visual analytics* (Figura 1).

A Figura 6 mostra a utilização de técnicas de visualização de dados em aplicações comerciais. (a) Uso de um gráfico de bolhas, combinado com um mapa geográfico, para mostrar a relação entre consumo de petróleo, em barris por dia (tamanho do círculo), e produção per capita de petróleo (cor do círculo), por país. (b) Uso da técnica brushing para mostrar a relação entre variáveis econômicas e geográficas. (c) Uso de visual text analytics (a partir de uma interação entre modelagem e visualização), para mostrar a relação entre custo (tamanho da fonte) e duração do serviço de manutenção (cor da fonte) de um equipamento em particular, em um sistema supervisorio de desempenho e manutenção de equipamentos. (d) Uso de um mapa de árvore (treemap), técnica útil para a visualização de dados hierarquizados a partir

de variáveis categóricas, para mostrar a condição de equipamentos em um quadro sinótico de um sistema de supervisão industrial. O tamanho e a cor são associados às variáveis de interesse. Esse é um exemplo de técnica usual na área de mineração de dados, ainda com pouco uso em Engenharia Química; porém, com potencial significativo.

O número de aplicações de *visual analytics* em Engenharia Química ainda é baixo. Almeida et al. (2010) é um exemplo com o objetivo de comunicação da informação. Diferentemente dos casos anteriores (Figura 4 e Figura 5(a-c)), visualizações podem ser baseadas em modelos (Figura 5(d)). A Figura 7 mostra alguns exemplos. (a) Peremezhney et al. (2012) empregaram técnicas de redução de dimensionalidade, para

visualização e classificação de comportamentos de consumidores com o objetivo de projeto de produtos químicos. A técnica S-isomap é usual na área de aprendizado de máquina; porém, pouco explorada em Engenharia Química. (b) Gardner et al. (2005) reuniram as informações de scores e loads, de uma análise por componentes principais, em um único gráfico, com o objetivo de identificar condições operacionais e estratégias de monitoramento. (c) Escobar et al. (2017) combinaram redução de dimensionalidade e análise de agrupamentos com o objetivo de visualização não-linear de um problema de detecção (separação entre dados de falha, em bege, e de operação normal, em azul) e de diagnóstico (aspecto dos agrupamentos dos dados de falha).

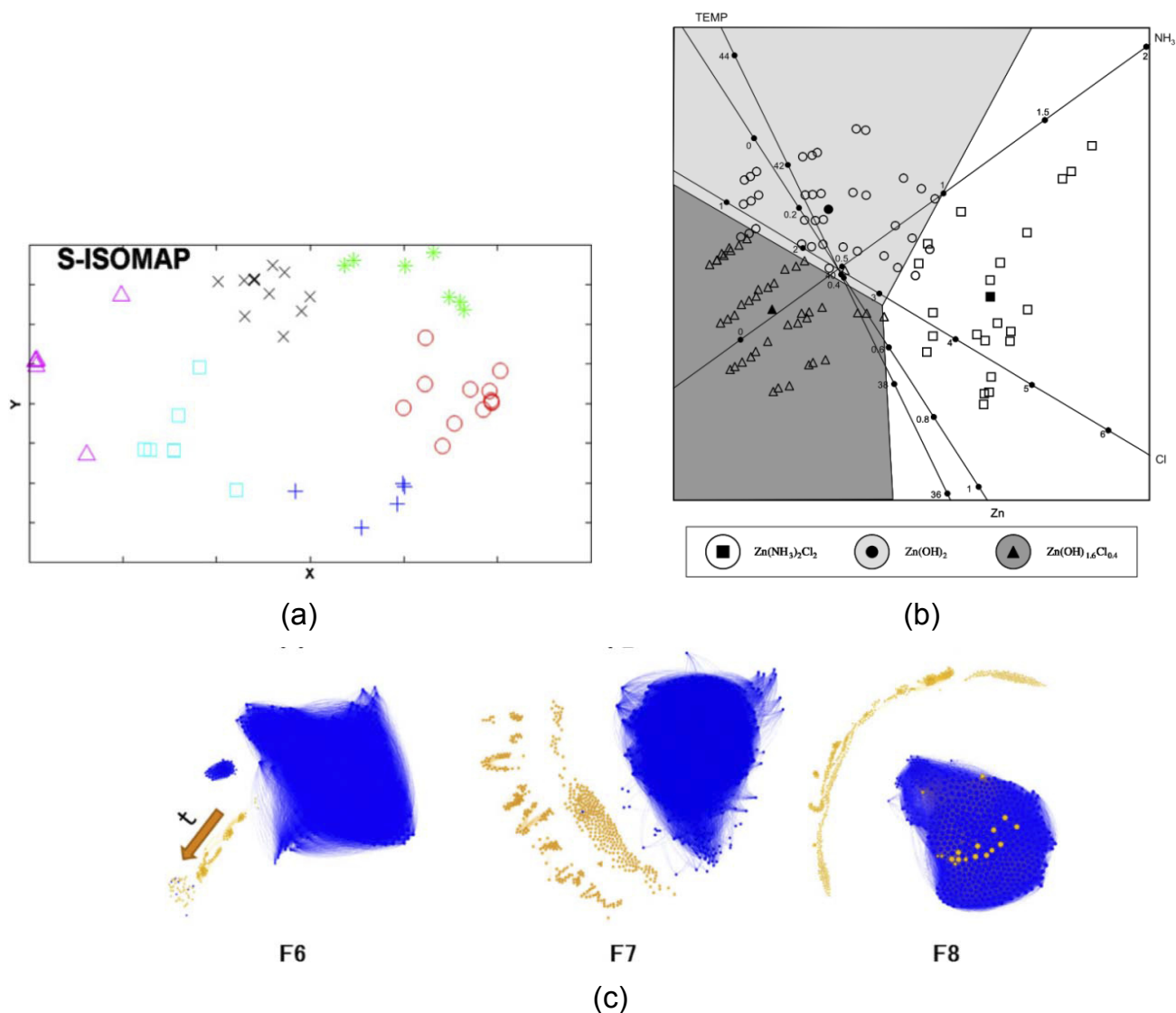


Figura 7: (a) Identificação de comportamentos via redução de dimensionalidade com S-isomap, (b) definição de estratégias de monitoramento via combinação de scores e loads em gráfico único, e (c) detecção e diagnóstico de falhas via redução de dimensionalidade e análise de agrupamentos.

A visualização de resultados intermediários é útil para se obter insights e melhorar o desempenho dos algoritmos. Essa ação é mais usual em aplicações de mineração de dados. Em Engenharia Química, Zilinskas et al. (2006) empregaram escalonamento multidimensional para visualizar a posição e o formato de regiões factíveis em problemas de otimização multi-objetivo não-lineares, com o objetivo de geração de um conjunto de Pareto mais confiável. O estudo de Wang et al. (2004), em engenharia de processos, após a otimização de um projeto de estabilização de óleo via algoritmos genéticos, empregou o gráfico de coordenadas paralelas para visualização das regiões factíveis e direcionamento da

definição dos operadores genéticos, cruzamento e mutação. Com as volumosas massas de dados, a visualização intermediária para geração ou confirmação de insights receberá maior atenção em engenharia de processos, com o foco na solução de problemas complexos.

### Softwares para *Visual Analytics*

A visualização de dados assistida por computador iniciou-se na década de 60, com o desenvolvimento de softwares voltados à construção de gráficos. Atualmente, por causa dos grandes volumes de dados, um sistema de *Visual Analytics* requer uma infra-estrutura interligada de gerenciamento de dados e de técnicas de visualização e de análise de dados, com requisitos específicos de hardware e software. Para completar, com a forte contrapartida humana (Figura 2), ambientes interativos são imprescindíveis.

A Figura 8 mostra a classificação 2017 da Gartner,



Figura 8: Classificação de plataformas analíticas para inteligência de negócios (Gartner, Inc. 2017; <http://www.gartner.com/>).

Inc. de plataformas analíticas para a ciência de dados, com o foco em inteligência de negócios, que é o objetivo final de qualquer análise de dados. Essas ferramentas são usuais nas áreas de finanças, comunicações, defesa e de segurança, com os objetivos de extração de informação e de geração de conhecimento em quantidades massivas de dados. A indústria química pode se beneficiar grandemente ao adotar essas ferramentas. A utilização de outras representações visuais, além dos gráficos estatísticos usuais, será uma contribuição altamente relevante para a Engenharia Química. Zhang et al. (2012) comparam alguns desses sistemas. A Tabela 1 contém uma lista de softwares de visualização e de inteligência de negócios.

Há ainda uma classe de softwares, de um pequeno número de empresas, que não se enquadra completamente em Big Data Analytics puro, nem em Visual Analytics puro. Porém, pela

Tabela 1: Softwares de visualização e de inteligência de negócios.

Empresa	Link
BAR	<a href="http://bar.utoronto.ca/">http://bar.utoronto.ca/</a>
Jigsaw	<a href="http://www.cc.gatech.edu/gvu/ii/jigsaw/">http://www.cc.gatech.edu/gvu/ii/jigsaw/</a>
QLIK	<a href="http://www.qlik.com/">http://www.qlik.com/</a>
SAS	<a href="http://www.sas.com/">http://www.sas.com/</a>
Spotfire	<a href="http://spotfire.tibco.com/">http://spotfire.tibco.com/</a>
Tableau	<a href="http://www.tableau.com/">http://www.tableau.com/</a>
POWER BI	<a href="http://powerbi.microsoft.com/pt-br/">http://powerbi.microsoft.com/pt-br/</a>
IBM	<a href="http://www.ibm.com/software/data/bigdata/">http://www.ibm.com/software/data/bigdata/</a>
Salesforce	<a href="http://www.salesforce.com/">http://www.salesforce.com/</a>
Clearstory Data	<a href="http://www.clearstorydata.com/">http://www.clearstorydata.com/</a>
SiSense	<a href="http://www.sisense.com/">http://www.sisense.com/</a>

Empresa	Link
MicroStrategy	<a href="http://www.microstrategy.com/br/">http://www.microstrategy.com/br/</a>
Birst	<a href="http://www.birst.com/">http://www.birst.com/</a>
Thoughtspot	<a href="http://www.thoughtspot.com/">http://www.thoughtspot.com/</a>
Jaspersoft	<a href="http://www.jaspersoft.com/">http://www.jaspersoft.com/</a>
JMP	<a href="http://www.jmp.com/">http://www.jmp.com/</a>
In-spire	<a href="http://in-spire.pnnl.gov/">http://in-spire.pnnl.gov/</a>
Palantir	<a href="http://www.palantir.com/">http://www.palantir.com/</a>
ADVIZOR	<a href="http://www.advizorsolutions.com/">http://www.advizorsolutions.com/</a>
Board	<a href="http://www.board.com/en/about-us/">http://www.board.com/en/about-us/</a>
Centrifuge	<a href="http://centrifugesystems.com/">http://centrifugesystems.com/</a>
NetCHARTS	<a href="http://www.visualmining.com/">http://www.visualmining.com/</a>

Tabela 2: Softwares de inteligência operacional.

Empresa	Link
Alteryx	<a href="http://www.alteryx.com/">http://www.alteryx.com/</a>
XHQ (Siemens)	<a href="http://w3.siemens.com/mcms/automation/en/automation-systems/automation-software/xhq-operations-intelligence-software/pages/xhq-operations-intelligence-software.aspx">http://w3.siemens.com/mcms/automation/en/automation-systems/automation-software/xhq-operations-intelligence-software/pages/xhq-operations-intelligence-software.aspx</a>
PI Vision (OS/soft)	<a href="http://www.osisoft.com/pi-system/pi-capabilities/pi-system-tools/pi-vision/">http://www.osisoft.com/pi-system/pi-capabilities/pi-system-tools/pi-vision/</a>
LeanWare	<a href="http://leanware.fi/">http://leanware.fi/</a>

capacidade de integração com a infraestrutura de Big Data & *Visual Analytics* em processos industriais, torna-se uma plataforma propícia ao desenvolvimento de algoritmos de ambas as áreas. Por isso, denominou-se essa lista de *softwares de Operational Intelligence* (Tabela 2).

### Considerações sobre *Visual Analytics*

Não transformar data warehouses em cemitérios de dados e utilizar constantemente técnicas mais eficientes de visualização de dados, com o objetivo de tomadas de decisão mais racionais, será o maior desafio em Big Data & *Visual Analytics*. Mesmo com o avanço significativo em representações visuais e ambientes interativos, em função do volume de dados e a complexidade dos problemas, ainda é grande a demanda por novas técnicas e ferramentas de visualização de dados com o foco em raciocínio analítico. Técnicas clássicas são importantes; porém, não suficientes. Após a incorporação do uso cotidiano de novas técnicas, o próximo desafio será a sua adaptação para uso em tempo real, o que está sendo impulsionado pela Industrial Internet of Things (IIoT) e Indústria 4.0. Para isso, um fluxo eficiente de dados e sua

visualização dinâmica ainda são áreas para melhor desenvolvimento. Outros aspectos importantes em *Visual Analytics* referem-se a visualização espacial e temporal em imagens holográficas e a cavernas de imersão, assuntos não tratados aqui.

O processo de tomada de decisões é geralmente baseado em análise de modelos, e com o seu avanço, é crescente o espaço dado a análise visual de dados. O motivo é o seu potencial em facilitar o processo de extração de informação, dada a capacidade do ser humano de processamento visual de informações. Por exemplo, KPIs (key performance indicators) são geralmente calculados a partir de modelos estatísticos; porém, a relação entre dados, modelos e objetivos de negócios, em geral, não são claras. O uso de técnicas de visualização no processo de análise de dados aumenta a compreensão dos modelos e dos dados, e conseqüentemente, a chance do alcance dos objetivos. A indústria química pode se beneficiar tanto em relação a produtividade quanto a inovação, seja com a exposição mais precisa da variabilidade das operações seja com a oferta de produtos ou serviços sob medida. Quando se mostra que *Visual Analytics* em Indústria Química

é um campo com grandes oportunidades, não se propõe que o praticante se torne engenheiro de ciência de dados. Porém, para que esse modo inovador de praticar Engenharia Química alcance grandes resultados, mudanças são necessárias. A primeira diz respeito ao paradigma de fontes de conhecimento. Em segundo lugar, é fundamental ser um especialista no processo industrial em questão, tanto em tecnologia quanto em fundamentos teóricos. A seguir, é necessário ao praticante conhecer as áreas de conhecimento de informação, computação, e cognição. A situação ideal é que o praticante seja um desenvolvedor de pequenas aplicações em sua área de trabalho local.

A área de *visual analytics* é incipiente e com grande potencial de retorno para as organizações em geral, incluindo as indústrias químicas. Segundo a Technavio (<http://www.technavio.com/>), com o crescente uso de técnicas de predictive analytics como mineração de dados, modelagem e de aprendizado de máquina, a projeção de crescimento do mercado global de *visual analytics* entre 2016 e 2020 é superior a CAGR (compound annual growth rate) de 22%. Isso porque o papel de *Visual analytics* será fundamental nesse processo de extração de informação e de geração de conhecimento. ●

## Sobre os autores

Os autores são coordenadores do Grupo de Pesquisa CNPq “Industrial Big Data & *Visual Analytics*”, e agradecem a ABEQ pela oportunidade de divulgar essa área de tão rápido desenvolvimento. Gustavo Matheus de Almeida é professor de Engenharia Química da Escola de Engenharia da UFMG e Song Won Park é professor de Engenharia Química da Escola Politécnica da USP, ambos com interesse em desenvolvimento e aplicações de *Visual Analytics* em Engenharia de Processos Industriais.

## Referências

Almeida, G.M., Cardoso, M., Park, S.W. Detecting an abnormality in a recovery boiler using dynamic multivariate data analysis with parallel coordinate plots. *Appita Journal*, 65(1), 78-86, 2012.

Almeida, G.M., Cardoso, M., Rena, D.C., Park, S.W.

Graphical representation of cause-effect relationships among chemical process variables using a neural network approach. *International Journal of Computational Intelligence and Applications*, 9, 69-86, 2010.

Almeida, G.M., Park, S.W. Improving process data visualization with multidimensional plots. 49th ABTCP Pulp and Paper International Congress, CD-ROM, 2016.

Campos, B.L., Mello, F.P., Ramos, H.M., Fraga, M.M., Souza, V.M.C., Almeida, G.M. Historiador de processos industriais: Análise e visualização de dados com o software Eclipse Plant Manager (EPM). TCC. 95p., Orientador: Gustavo Matheus de Almeida. Curso de Graduação em Engenharia Química, UFMG, 2016-1.

Escobar, M.S., Kaneko, H., Funatsu, K. On generative topographic mapping and graph theory combined approach for unsupervised non-linear data visualization and fault identification. *Computers and Chemical Engineering*, 8, 113-127, 2017.

Gardner, S., Le Roux, N.J., Aldrich, C. Process data visualisation with biplots. *Minerals Engineering*, 18:9, 955-968, 2005.

Keim, D., Andrienko, G., Fekete, J.-D., Gorg, C., Kohlhammer, J., Melançon, G. *Visual Analytics: Definition, Process, and Challenges*, 2008. In Kerren, A. et al. (eds.): *Information Visualization*, LNCS 4950, 154-175, Springer-Verlag, 2008.

Luostarinen, K., Vakkilainen, E.K., Cardoso, M., Almeida, G.M., Hamaguchi, M. Estimation of recovery boiler NO<sub>x</sub>-emissions based on wood species, boiler age, load and NCG flows. In *International Chemical Recovery Conference (ICRC)*, CD-ROM, 2017.

Peremzhney, N., Connaughton, C., Unali, G., Hines, E., Lapkin, A.A. Application of dimensionality reduction to visualisation of high-throughput data and building of a classification model in formulated consumer product design. *Chemical Engineering Research and Design*, 90:12, 2179-2185, 2012

Sacha, D., Stoffel, A., Stoffel, F., Kwon, B.C., Ellis, G., Keim, D.A. Knowledge generation model for *visual analytics*, *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 20(1), 2014.

Thomas, J.J., Cook, K.A. *Illuminating the path: The research and development agenda for visual analytics*. National Visualization and Analytics Center, 2005.

Tufte, E.R. *The visual display of quantitative information*, Graphics Press, 200p., 2001/1983.

Wang, K., Salhi, A., Fraga, E.S. Process design optimisation using embedded hybrid visualisation and data analysis techniques within a genetic algorithm optimisation framework. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 43:5, 657-669, 2004.

Zhang, L., Stoffel, A., Behrisch, M., Mittelstadt, S., Schreck, T., Pompl, R., Weber, S., Last, H., Keim, D. *Visual analytics for the big data era: A comparative review of state-of-the-art commercial systems*. *Visual Analytics Science and Technology (VAST)*, 2012 IEEE Conference on (pp. 173-182). 2012.

Zilinskas, A., Fraga, E.S., Mackuté, A. Data analysis and visualisation for robust multi-criteria process optimisation. *Computers and Chemical Engineering*, 30:6 7, 1061-1071, 2006.



# Keep Growing

BioFlo® 120 - Fácil de usar, pois possui processos pré definidos disponíveis a um toque e flexível, pois sua configuração permite o trabalho com todos os tipos de células.

A configuração simples do BIOFLO 120 irá deixar você se concentrar no que é realmente importante, o seu trabalho. Projetado para se integrar perfeitamente em sua operação do dia-a-dia, o biorreator BIOFLO 120 oferece simplicidade e facilidade de uso, sem comprometer a capacidade.

Eppendorf do Brasil  
Tel.: 11 3648.5400  
eppendorf@eppendorf.com.br  
www.eppendorf.com.br

- > Novos modos de cultivo automático oferecem controle de processo para aplicações com microrganismos ou células de mamíferos pressionando um único botão
- > Aumente a escala a partir de 250 mL até 40 L utilizando uma ampla variedade de dornas autoclaváveis e descartáveis Eppendorf BioBLU®
- > Conexões universais para sensores analógicos e digitais
- > Economiza espaço valioso de bancada

[www.eppendorf.com/BioFlo120](http://www.eppendorf.com/BioFlo120)

Eppendorf®, the Eppendorf logo, and BioBLU® are registered trademarks of Eppendorf AG, Germany. BioFlo® is a registered trademark of Eppendorf Inc., USA.

## ESPAÇO DO PROFESSOR ABEQ

O Projeto Professor ABEQ tem apresentado os Professores ABEQ à comunidade da Engenharia Química nacional no Boletim Informativo Mensal (BIM), uma publicação digital da Associação Brasileira de Engenharia Química.

Nós, brasileiros, sabemos da grandiosidade e das diferenças regionais de nosso país; o Espaço do Professor ABEQ criado recentemente para a REBEQ mostrará através de entrevistas, as experiências e os desafios vivenciados pelos professores dos cursos de Engenharia Química por todas as regiões do Brasil. Nessas entrevistas observou-se, por parte dos professores, uma atenção, não só com a formação

técnica e ética do profissional; mas também, com a inserção desses engenheiros no mercado de trabalho e com a percepção de como o seu exercício profissional influenciará as comunidades das regiões onde irão atuar.

O primeiro Professor ABEQ a ser entrevistado pela REBEQ representou o Nordeste, em particular o estado da Bahia, Professor Luís Filipe Freitas da Silva de Jesus, do Instituto Federal da Bahia (IFBA), que destacou a criação na sua Instituição de Ensino do Diretório Acadêmico e da Empresa Júnior do Curso de Engenharia Química, instrumentos auxiliares na conscientização do profissional da engenharia de suas responsabilidades técnica, social

e ambiental. A segunda entrevista foi realizada com o Professor Isaac dos Santos Nunes, Professor ABEQ representante da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI), localizada na região Sul, no Rio Grande. O Professor Isaac mencionou a importância do aprendizado e da contextualização dos conhecimentos, por parte dos estudantes, mas, também ressaltou que atividades de caráter socioambiental podem mostrar como colaborar para a obtenção de uma sociedade mais justa e igualitária. A terceira Professora ABEQ entrevistada representa uma Universidade de Minas Gerais, na região Sudeste.

### PROFESSORA ABEQ ATUA JUNTO AO CAMPUS DE DIAMANTINA (MG) NA UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI (UFVJM)

Em entrevista concedida a REBEQ, a Professora Anamaria de Oliveira Cardoso é a Professora ABEQ representante da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM - Campus de Diamantina, MG), e comenta suas iniciativas e estratégias acadêmicas com vistas à formação de engenheiros químicos técnicos, éticos, atualizados e aptos para ingressarem no mercado de trabalho.

Graduada e Mestre em Engenharia Química pela Universidade Federal de Uberlândia (UFU), e Doutora em Engenharia Química pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), a Professora Anamaria de Oliveira Cardoso considera relevante a existência e a localização do curso de Engenharia Química da UFVJM para o desenvolvimento do setor industrial da região do Vale do Jequitinhonha e arredores.

A entrevista com a Professora encontra-se reproduzida a seguir.

**REBEQ** - Quando se formou e qual sua escola de formação? O que destacaria do seu curso de graduação?

**Anamaria de Oliveira Cardoso** - Me graduei em Engenharia Química no início do ano de 2009, pela Universidade Federal de Uberlândia (UFU). O principal destaque para o curso de graduação em Engenharia Química da UFU, no meu ponto de vista, é garantir uma formação sólida ao aluno, possibilitando a este todo o embasamento teórico necessário para compreender os processos da indústria química. Uma vez que podemos trabalhar em diversos seguimentos, este tipo de abordagem permite ao egresso do curso estar apto a atuar em qualquer área de interesse.



Profa. Anamaria de Oliveira Cardoso (segunda da esquerda para a direita) e suas alunas durante a I Semana de Engenharia Química (SEMEQ) da UFVJM.

**REBEQ** - Desde quando ministra aulas em cursos de Engenharia Química e qual(is) disciplina(s) que ministra?

**Anamaria de Oliveira Cardoso** - Sou docente de cursos de graduação em Engenharia Química desde o início de 2011, tendo ingressado no quadro docente da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM) no fim de 2013. Atualmente, ministro as disciplinas obrigatórias Modelagem e Simulação de Processos Químicos e Controle de Processos Industriais, além das disciplinas eletivas Tecnologia de Fertilizantes e Introdução à Segurança do Trabalho de Processos Industriais.

**REBEQ** - Com relação à docência em Engenharia Química: quais atividades

ou experiências considera gratificantes? Quais os desafios atuais?

**Anamaria de Oliveira Cardoso** - Para mim, a docência é renovadora. Estar em contato com pessoas que estão em busca de um sonho faz com que você se sinta motivada e procure, constantemente, fazer o seu melhor. Tento sempre contribuir para uma formação sólida dos meus alunos e principalmente, mostrar a eles que o conhecimento é dinâmico e não tem uma única direção: estamos sempre aprendendo algo novo mesmo que muitos ainda tenham a perspectiva de que o professor detém todo o conhecimento. A meu ver, o bom professor é aquele que tira o aluno da sua zona de conforto e o faz questionar. Do mesmo

modo, o aluno tem o poder de estimular a criatividade do professor, fazendo com que este discuta e pense em situações que, muitas vezes, ele não cogitaria justamente por toda a sua experiência. A troca é o que me instiga na docência. Porém, esta troca não se limita apenas ao conhecimento técnico: a graduação é um momento da vida marcado por um misto de sentimentos em torno de decisões, conflitos internos e definição do tipo de pessoa e profissional que você quer ser e é gratificante poder auxiliar de alguma maneira meus alunos nestes momentos, mesmo com a pouca experiência que possuo. Em minha perspectiva, como docente, meu papel vai além da sala de aula e dos aspectos abordados nas



Premiação de um grupo de alunos por ocasião do encerramento da I Semana de Engenharia Química (SEMEQ) da UFVJM.

minhas disciplinas. Este é o meu maior desafio atual: contribuir na formação dos meus alunos em aspectos que vão além de questões meramente técnicas. É sempre gratificante receber notícias que seus ex-alunos se tornaram excelentes profissionais, não apenas tecnicamente, porém éticos e preocupados com a influência do seu trabalho no ambiente em que estão inseridos.

**REBEQ** - Quais as conquistas de sua Instituição de Ensino, e suas, ao longo do tempo, com a oferta do curso de Engenharia Química?

**Anamaria de Oliveira Cardoso** - A região do Vale do Jequitinhonha é uma região caracterizada por uma população, em sua maioria, de baixa renda e ainda dependente de atividades exclusivamente rurais. O corpo docente do curso de Engenharia Química da UFVJM, de um modo geral, tem desenvolvido novos processos que exploram matérias-primas regionais e projetos para a otimização dos

processos já existentes em pequenas e médias empresas da região. Na minha área de atuação, tenho explorado a abordagem computacional com o auxílio de softwares de problemas da indústria que, apesar de nossa localização geográfica, nos possibilita trabalhar com situações reais e estabelecer parcerias com empresas. Estas estratégias proporcionam um aumento da urbanização, da mão de obra especializada na região e do poder aquisitivo da população, o que atrai investimentos do setor industrial para o desenvolvimento deste no Vale do Jequitinhonha. Ao mesmo tempo, estamos bem próximos de grandes centros que possuem uma alta atividade industrial como Montes Claros e a região metropolitana de Belo Horizonte o que faz com que estejamos atualizados quanto às necessidades da indústria de uma maneira geral.

**REBEQ** - Quais os eventos de Engenharia Química promovidos pela sua Instituição de Ensino?

**Anamaria de Oliveira Cardoso**

- Em virtude de nossa localização geográfica, é necessário que criemos oportunidades além do Estágio Supervisionado para que o nosso aluno esteja em contato direto com profissionais da indústria, a fim de se manter atualizado e informado sobre as exigências do mercado de trabalho. Com esse objetivo, o curso de Engenharia Química da UFVJM promove, atualmente, dois eventos bianuais: o Dia do Engenheiro Químico e a Semana de Engenharia Química (SEMEQ). O Dia do Engenheiro Químico foi realizado no mês de setembro de 2016 a fim de celebrar a data em que se comemora o dia do Engenheiro Químico, 20 de setembro. O evento local, que contou com o apoio da ABEQ, possibilitou aos alunos da instituição a realização de minicursos práticos de temas atuais como possibilidades de uso de rejeitos da indústria de mineração e extração de óleos vegetais e produção de aromatizadores

de ambientes, entre outros, além da possibilidade de conhecer aspectos específicos de alguns temas comuns para o profissional de Engenharia Química, através da abordagem dada por representantes de algumas indústrias da região. A SEMEQ é um evento científico acadêmico que reúne docentes, discentes e pós-graduados da UFVJM e de outras Instituições, com o objetivo de estabelecer vínculo entre a comunidade acadêmica e a indústria, com foco na área de Engenharia Química, possibilitando a valorização da atitude científica e a inovação além de proporcionar a oportunidade de vincular os conhecimentos adquiridos durante o curso com a vivência

da atuação do Engenheiro Químico em diversas áreas do conhecimento através de palestras, minicursos e visitas técnicas. Este ano será realizada a segunda edição do evento cujo tema é Engenharia Química e a Versatilidade Profissional.

**REBEQ** - Qual sua expectativa em ser a Professora ABEQ e o que pretende realizar nesta indicação?

**Anamaria de Oliveira Cardoso** - Acompanho a ABEQ desde minha graduação, quando me tornei sócia estudante. A Associação me permitiu conhecer diversas áreas de atuação e me manter atualizada sobre a evolução e os aspectos relevantes da indústria para minha formação. Ser Professora

ABEQ permite que eu colabore para que outros alunos possam ter esta mesma experiência. Hoje, deste contato mais frequente, consigo levar temas atuais para minhas aulas, auxiliar na formação complementar de meus alunos através da divulgação de cursos e eventos, além de estar em contato com diversos profissionais de Engenharia Química e contar com o apoio da Associação nas ações desenvolvidas na Universidade. Esta troca nos auxilia a capacitar nossos alunos para estarem aptos a atender as necessidades do mercado de trabalho, independente de área definida para sua atuação. ●

## CURSO PERÍCIAS JUDICIAIS <sup>RJ</sup>

### TURMAS PARA 2017:

**Curitiba:** 26 a 29 de setembro

**João Pessoa:** de 02 a 05 de outubro

**São Paulo:** 07 a 10 de novembro

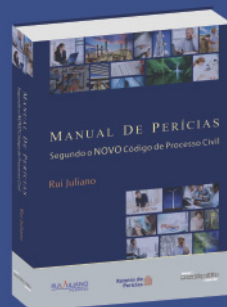
**Brasília:** 05 a 08 de dezembro

**10%** de **DESCONTO**  
aos associados  
da **ABEQ**

### Adquira o livro

## MANUAL DE PERÍCIAS

Segundo o NOVO Código de Processo Civil



### Seja Perito Judicial

Livro mais completo do mercado  
Primeiro passo para ingressar na área  
Linguagem simples e de fácil entendimento

Ao adquirir o livro ganhe inscrição  
e uma anuidade gratuita para o  
Roteiro de Perícias

**15%** de **DESCONTO**  
aos associados  
da **ABEQ**

### Realização:



### Apoio:



Maiores informações:  
53 3231 3622 - 0800 600 3622  
[www.manualdepericias.com.br](http://www.manualdepericias.com.br)  
[fernanda@manualdepericias.com.br](mailto:fernanda@manualdepericias.com.br)

# A ABEQ-RS presente no Programa UFRGS Portas Abertas

Todos os anos, desde 2013, a ABEQ-RS tem participado do UFRGS-Portas Abertas apresentando o mercado de trabalho do engenheiro químico. Neste ano o evento foi realizado no dia 20/05/2017. O Prof. Dr. Jorge Otávio Trierweiler apresentou aos presentes um panorama geral do mercado de trabalho e as oportunidades atuais do engenheiro químico.

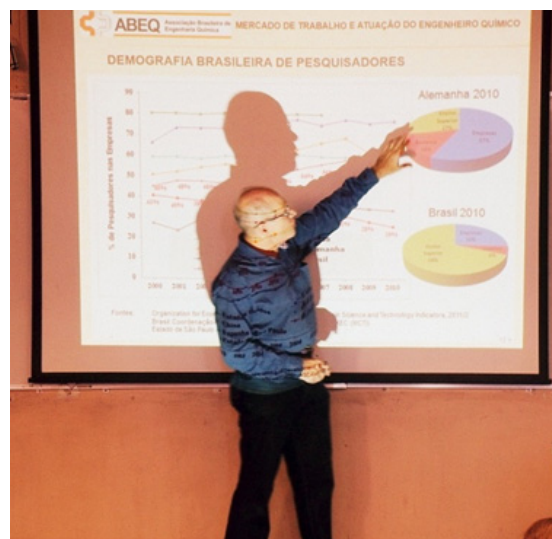
O Programa UFRGS Portas Abertas integra Universidade e comunidade e mostra aos futuros alunos as oportunidades de carreira em ensino, pesquisa e extensão. O evento é gratuito e aberto a todos os interessados (<https://www.ufrgs.br/portasabertas/>).



O público presente acompanhou uma apresentação sobre o perfil do engenheiro químico moderno, que soma às habilidades técnicas tradicionais competências como iniciativa, liderança, empreendedorismo e boa comunicação.



O Prof. Jorge Otávio Trierweiler apresentou ainda vários números sobre diversos segmentos da indústria química, destacando as oportunidades e desafios que aguardam os novos engenheiros químicos. ●



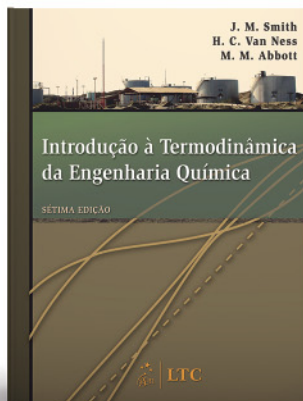
# A LTC Editora e a ABEQ firmaram parceria e quem ganha vantagens é você!

Agora os associados da ABEQ compram DigiAulas e livros impressos do catálogo de Ciências Exatas da LTC Editora com **20% de desconto\*** no site do grupo GEN.

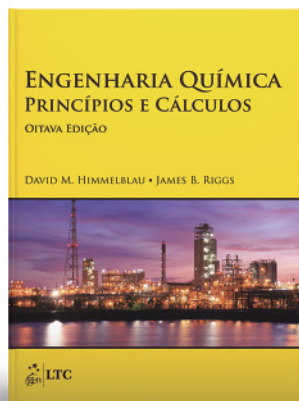
Acesse o site da ABEQ para conhecer as regras de participação.



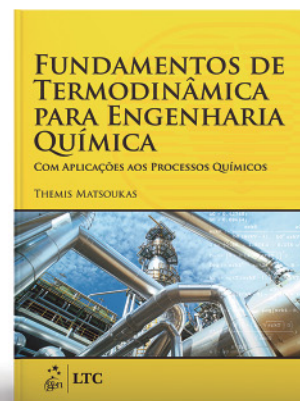
Fogler



Smith | Van Ness



Himmelblau



Matsoukas



Visite:

[WWW.GRUPOGEN.COM.BR/EXATAS](http://WWW.GRUPOGEN.COM.BR/EXATAS)

\* Não cumulativo com outras promoções do site.

## Você já conhece as DigiAulas?

As **DigiAulas** são videoaulas criadas pela **LTC Editora**, a principal publicadora brasileira na área de **Ciências Exatas**, para estimular os estudantes a aprofundarem os conteúdos aprendidos em sala de aula. Esta solução educacional oferece:



Mais de 850 videoaulas organizadas por temas



Disciplinas comuns a todas as Engenharias



Explicações teóricas essenciais



Exercícios comentados



Visite o site para conhecer as disciplinas disponíveis e cadastre-se para ganhar um módulo de degustação.

[WWW.DIGIAULAS.COM.BR](http://WWW.DIGIAULAS.COM.BR)



LTC



ABEQ Associação Brasileira de Engenharia Química